

Maycon William da Silva

***MATCHMOVING* PARA O CURSO DE
CINEMA DE ANIMAÇÃO E ARTES DIGITAIS**

Universidade Federal de Minas Gerais

Escola de Belas Artes

Belo Horizonte

2016

Maycon William da Silva

***MATCHMOVING* PARA O CURSO DE
CINEMA DE ANIMAÇÃO E ARTES DIGITAIS**

Monografia apresentada ao Colegiado do Curso de Cinema de Animação e Artes Digitais da Escola de Belas Artes da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Cinema de Animação e Artes Digitais.

Orientador: Arttur Ricardo de Araújo Espindula

Universidade Federal de Minas Gerais

Escola de Belas Artes

Belo Horizonte

2016

Silva, Maycon William da, 1991 – *Matchmoving* para o curso de Cinema de Animação e Artes Digitais: Graduação em Cinema de Animação e Artes Digitais/Maycon William – 2016.

85 f.

Orientador: Arttur Ricardo de Araújo Espindula

Monografia apresentada ao Colegiado do Curso de Cinema de Animação e Artes Digitais da Escola de Belas Artes da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Cinema de Animação e Artes Digitais.

I. Cinema de Animação e Artes Digitais. Silva, Maycon William da. Arttur Ricardo de Araújo Espindula. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Belas Artes.



Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Belas Artes
Curso de Cinema de Animação e Artes Digitais

Monografia intitulada *“Matchmoving para o curso de Cinema de Animação e Artes Digitais”* de autoria de Maycon William da Silva, aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof. Arttur Ricardo de Araújo Espindula – EBA/UFMG – Orientador

Prof. Antonio César Fialho de Sousa – EBA/UFMG

Prof. Luis Moraes Coelho – EBA/UFMG
Coordenador do Curso de Cinema de Animação e Artes Digitais

Belo Horizonte 05 de Julho de 2016

RESUMO

Esta monografia apresenta o *Matchmoving* como recurso técnico de produção de efeitos visuais digitais, em filmagens de ação ao vivo, abordado de modo adaptado às possibilidades estruturais e criativas dos estudantes do curso de Cinema de Animação e Artes Digitais da UFMG.

Palavras-chave: Animação 3D, Efeitos Visuais (VFX), *Matchmoving*, *Live-action*, *Blender*, Cinema de Animação e Artes Digitais.

ABSTRACT

This monograph introduces the matchmoving as technique resource for digital visual effects production, in live-action footages, adapted for the structure and creativity of the Cinema de Animação e Artes Digitais students.

Keywords: 3D Animation, Visual Effects (Vfx), Matchmoving, Live-action, Blender, Cinema de Animação e Artes Digitais.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Posições tridimensionais em relação às projeções bidimensionais.....	14
Figura 2 - Paralaxe.....	15
Figura 3 - O emprego do matchmoving em efeitos visuais digitais.....	17
Figura 4 - Planejamento de inserção de um modelo 3D em um cena utilizando as fotos da locação.....	20
Figura 5 - A pré-visualização, com sua etapa inicial (1), à cena final (4).....	22
Figura 6 - Exemplo de cenário com marcações naturais.....	24
Figura 7 - Ambiente com marcações naturais parcialmente eficientes.....	25
Figura 8 - Ambiente com marcações naturais e sintéticas complementares.....	25
Figura 9 - Cenário em chroma-key com marcações sintéticas para matchmoving....	26
Figura 10 - Marcações no braço da atriz indicam onde o efeito visual será inserido.	27
Figura 11 - Interação com um elemento de cena que será substituído na pós.....	28
Figura 12 - Elemento de cena utilizado com referência para uma arma futurística...	29
Figura 13 - Elemento de cena utilizado como referência para interação.....	29
Figura 14 - Referência de interação para o ator em cena.....	30
Figura 15 - Resoluções.....	32
Figura 16 - Comparação de ruídos.....	33
Figura 17 - Exemplo de Motion Blur.....	34
Figura 18 - Lentes.....	35
Figura 19 - Relação entre distância focal e campo de visão.....	36
Figura 20 - Imagem captura através de uma lente de 16 milímetros.....	37
Figura 21 - Imagem capturada através de uma lente de 200 milímetros.....	37
Figura 22 - Comparação das imagens capturadas com diferentes lentes.....	38
Figura 23 - F-stops do diafragma.....	39
Figura 24 - Comparação visual dos F-stops.....	39
Figura 25 - Rascunho do cenário.....	41
Figura 26 - Planilha de informações sobre a câmera.....	42
Figura 27 - Grade de distorção antes e depois de capturado por uma lente 28 mm.	43
Figura 28 - Fluxo de trabalho do matchmoving na pós-produção.....	44
Figura 29 - O processo do matchmoving.....	45
Figura 30 - Interface do Blender 2.77.....	52
Figura 31 - Modificando o espaço de trabalho.....	52
Figura 32 - A extensão dessa sequência é 170 quadros.....	53
Figura 33 - Armazenamento interno das imagens na memória RAM.....	54
Figura 34 - Processo em andamento.....	54
Figura 35 - Preferências do Usuário.....	55
Figura 36 - Configurando a quantidade de Memória RAM.....	55
Figura 37 - Inserção de um rastreador.....	57
Figura 38 - Rastreador.....	58
Figura 39 - Sub-painel Track.....	58
Figura 40 - Rastreador em ação.....	59
Figura 41 - Marcações.....	60
Figura 42 - Campo visual rastreado.....	61
Figura 43 - Sub-painel Solve.....	62
Figura 44 - Solução da Câmera em progresso: Feedback visual.....	62
Figura 45 - Taxa de Erro considerado alta.....	63

Figura 46 - Sub-painéis Câmera e Lentes.....	64
Figura 47 - Opções de refinamento interno automático.....	65
Figura 48 - Excluindo rastreadores erráticos.....	66
Figura 49 - Sub-painel Scene Setup.....	67
Figura 50 - Janela 3D view com visão superior da cena gerada.....	67
Figura 51 - Sub-painel Orientation.....	68
Figura 52 - Configurações de escala e orientação.....	69
Figura 53 - Teste de qualidade final, resultado do planejamento de cena da FIG. 4 (p. 20).....	69
Figura 54 - Filmagem importada e pronta para o trabalho.....	71
Figura 55 - Sub-painel Objects.....	72
Figura 56 - Objeto rastreado.....	73
Figura 57 - Adicionando a solução do objeto à câmera.....	74
Figura 58 - Constraint adicionada à câmera.....	74
Figura 59 - Nuvem de pontos do objeto.....	75
Figura 60 - Criando uma nuvem de vértices.....	75
Figura 61 - Constraint adicionada ao objeto.....	76
Figura 62 - Modelo final filho do Mesh temporário.....	77
Figura 63 - Antes e depois do modelo adicionado.....	77
Figura 64 - Rastreamento de objeto finalizado.....	78

LISTA DE ABREVIATURAS

2D	Duas Dimensões
3D	Três Dimensões
CAAD	Cinema de Animação e Artes Digitais
CG	Computação Gráfica
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
MOCAP	<i>Motion Capture</i> (Captura de Movimento)

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
1 O <i>MATCHMOVING</i>	13
2 PRÉ-PRODUÇÃO.....	19
3 PRODUÇÃO.....	23
4 PÓS-PRODUÇÃO.....	44
CONCLUSÃO.....	79
REFERÊNCIAS.....	81

INTRODUÇÃO

“O *matchmoving* é um processo técnico que possibilita a combinação e encaixe de elementos digitais produzidos através da computação gráfica em filmagens *live-action*” (DOBBERT, 2005), sendo uma ferramenta consolidada nas produções contemporâneas onde se faz necessário o uso de efeitos visuais digitais em filmagens de ação ao vivo. A lista de efeitos inclui personagens, extensões de cenários, retoque e manipulação dos elementos fílmicos e efeitos de simulação (explosões, chuvas, desfragmentações etc.).

O *Matchmover* (profissional de *matchmoving*) tem por atividade principal recriar em um ambiente digital a câmera, incluindo lentes, posicionamento e movimentações. Ele também recria, através de modelos tridimensionais de baixa resolução, os elementos visíveis nas filmagens e suas posições espaciais dentro do ambiente. Esse profissional obtém essas informações através de softwares específicos, fazendo uso dos arquivos de filmagens e de informações provenientes das locações. As informações geradas possibilitam que os elementos digitais criados posteriormente possam ser fotografados pela câmera digital “gêmea” da câmera real, no ambiente digital “gêmeo” ao ambiente real, gerando assim elementos digitais que possuam a mesma perspectiva, profundidade e movimentação que os elementos reais têm em relação à câmera real. Esse processo permite uma integração sem emendas aparentes na cena final dos elementos digitais e reais (HORNUNG, 2010). O *matchmoving* é, portanto, um dos meios técnicos que interliga o cinema de atores e ambientes reais ao cinema de animação digital, onde o produto final é a sinergia registrada através da lente de uma única câmera. Tendo essa premissa, essa pesquisa tem por objetivo geral apresentar e incentivar o *matchmoving* aos alunos do curso de Cinema de Animação e Artes Digitais (CAAD) da UFMG como um meio técnico a mais que possibilitará ao estudante inserir, remover e editar os elementos das filmagens de seus projetos em *live-action*, através das potencialidades do cinema de animação.

O curso de Cinema de Animação e Artes Digitais surgiu em 2009 com sua primeira turma na Escola de Belas Artes da UFMG, a partir da evolução da habilitação de Cinema de Animação presente no curso de Artes Visuais desta

mesma unidade. Esta Habilitação, por sua vez, surgiu na década de 1980, através de um convênio entre o Centro Técnico Audiovisual (CTAv) e o *National Film Board of Canada* (NFB). Até a criação do curso do CAAD, a habilitação em cinema de animação era um curso extremamente visado pelos alunos “devido à formação de profissionais de destaque no mercado audiovisual e pela produção de filmes de graduação premiados em diversos festivais nacionais e internacionais”¹

Tendo o estudante do CAAD como público interlocutor, essa pesquisa visa de maneira clara e sucinta discorrer sobre o *matchmoving*, abordando suas técnicas e aplicações, de maneira realista ao ambiente desse estudante. Essa abordagem realista significa que o conteúdo teórico e principalmente prático sobre o *matchmoving* serão adaptados, quando necessário, para os meios e possibilidades acessíveis a esse interlocutor. Apesar de o *matchmoving* ser uma técnica muito utilizada no meio produtivo de filmes comerciais, seu uso no CAAD e meios independentes ainda é nulo. No entanto, a mudança desse paradigma já começa a ocorrer com a atual evolução tecnológica que aumentou a capacidade dos computadores pessoais, e com a disponibilidade de softwares gratuitos, além da disseminação do conhecimento por meios acadêmicos e pela internet.

Assim, esse trabalho teve por metodologia:

- (a) Obter o conteúdo teórico sobre o *matchmoving* através de materiais bibliográficos especializados sobre o tema;
- (b) Extrair desse conhecimento o fluxo de trabalho ideal para a criação de um *matchmoving*, visando as possibilidades técnicas, operacionais, financeiras e criativas do estudante do CAAD;
- (c) Inserir e adaptar esse fluxo de trabalho à atividade criativa e prática ensinada no CAAD.

Em outras palavras, esse trabalho apresenta uma linha de produção essencial, onde o conhecimento fornecido pelo CAAD sobre o cinema de ação ao vivo e cinema de animação pode ser potencializado com o conhecimento sobre *matchmoving*.

Para clarificar a metodologia proposta, essa pesquisa foi estruturada em quatro capítulos. O primeiro capítulo apresenta o *matchmoving* em seus conceitos a

1 - VIDIGAL, Leonardo A. *et al.* Projeto Pedagógico do Curso de CINEMA DE ANIMAÇÃO E ARTES DIGITAIS (REUNI). UFMG-EBA, 2011. Disponível em: <<http://www.eba.ufmg.br/caad/wp-content/uploads/2013/03/projeto-pedagogico-versao-finalprograd-26fev-2013.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2016.

fim de formar uma base teórica ao leitor sobre o que ele é, e como funciona. Os três capítulos seguintes abordam a produção prática de um filme através de suas fases (pré-produção, produção e pós-produção) a partir do *matchmoving*. Desse modo, outros processos não-adjacentes ao *matchmoving* durante a criação de um filme *live-action* não foram abordados para manter o foco no objetivo da pesquisa. No capítulo da pré-produção, foi apresentado o processo de planejamento das cenas onde o *matchmoving* é utilizado. O capítulo da produção apresentou o processo de captação e obtenção de informações na locação de gravações. Por fim, o capítulo da pós-produção, apresentou os processos operacionais práticos para a obtenção do *matchmoving*. Esse último capítulo possui uma carga maior de informação, uma vez que o *matchmoving* toma sua forma definitiva dentro do software, através das mãos do *Matchmover*, nessa fase produtiva.

Uma vez que o *matchmoving* é um processo técnico, e sua execução é em grande parte baseada em softwares específicos especializados, esse trabalho fez uso do software gratuito de código livre *Blender*. Este software já é uma ferramenta utilizada no CAAD (sua adaptação ao estudante não será um obstáculo) e possui todas as funcionalidades essenciais à produção do *matchmoving*, material didático especializado sobre o tema, uma base de colaboradores que contribuem com o desenvolvimento técnico do software, e é acessível a qualquer usuário de forma gratuita. Esse software também possui diversas outras funcionalidades úteis, incluindo a modelagem tridimensional. Desse modo, com um mesmo software é possível executar o *matchmoving* de uma cena e criar os elementos digitais que serão inseridos nessa mesma cena, aumentando assim a eficiência, uma vez que não há necessidade de exportar os dados para softwares terceiros.

1 O MATCHMOVING

1.1 COMO O MATCHMOVING FUNCIONA

O *matchmoving* foi inventado com o intuito de permitir que elementos digitais pudessem ser encaixados com precisão às filmagens em ação ao vivo, relacionando personagens, cenários e simulações físicas. A palavra-chave para descrever o *matchmoving* é precisão, pois os elementos precisam se encaixar¹ às perspectivas e aos movimentos das cenas filmadas em ação ao vivo em que estão sendo mesclados, mantendo todas as relações espaciais e distorções que essa filmagem tiver.

Para fazer isso, o software de *matchmoving* recria digitalmente a câmera e suas características, e também indica a localização dos elementos em cena através de uma nuvem de pontos. Todos esses dados são gerados a partir do arquivo de filmagem ao vivo da cena.

No mundo real, a câmera captura os elementos tridimensionais na forma de imagens bidimensionais. De modo inverso, o processo de *matchmoving* captura esse mundo bidimensional e transforma-o digitalmente em tridimensional, principalmente através de seus softwares especializados que utilizam algoritmos das técnicas de fotogrametria² para realizar essas operações.

O software de *matchmoving* (que é a principal ferramenta do *Matchmover*) segue os seguintes passos, segundo Tim Dobbert (2005, p.24), para transformar as informações 2D em informações 3D:

- (a) Identificar pontos 2D na sequência de imagens;
- (b) Rastrear esses pontos durante o progresso da sequência;
- (c) Calcular a posição 3D da câmera;
- (d) Calcular a posição 3D dos pontos 2D vistos na sequência de imagens;
- (e) Exportar a câmera e os pontos para um software de animação 3D.

1 - Em tradução livre, *matchmoving* significa "Movimento Encaixado"

2 - Ciência, tecnologia e arte de obter informações seguras acerca de objetos físicos e do meio, através de processos de registro, medições e interpretações de imagens fotográficas e padrões registrados de energia eletromagnética (Photogrammetric Engineering and Remote Sensing). Fonte: Brandalize, Maria Cecília Bonato. Fotogrametria. Disponível em: <[http://www2.uefs.br/geotec/topografia/apostilas/topografia\(13\).htm](http://www2.uefs.br/geotec/topografia/apostilas/topografia(13).htm)> Acesso em: 18 set. 2015.

A identificação desses pontos, conhecido como rastreamento 2D, pode ser feita de forma automática pelo software ou manualmente pelo usuário. O rastreamento automático atualmente atinge somente 80% a 90% de precisão, sendo recomendado apenas para alguns tipos específicos de cenas. O modo manual ainda é a forma mais precisa para se identificar os melhores pontos da sequência de imagens de uma filmagem, tornando assim o *matchmoving* um trabalho de atenção e paciência.

Tendo esses pontos identificados na sequência de imagens, o software internamente projeta linhas retas a partir da câmera, seguindo as regras de projeção geométrica. Ao rastrear a posição desses pontos e as retas projetadas em uma imagem e compará-los entre os pontos e retas projetadas das imagens posteriores da sequência total, o software é capaz de identificar a posição desses pontos tridimensionalmente, incluindo a posição da câmera. Por exemplo, na FIG. 1, o software identifica os pontos A, B e C na primeira imagem da sequência e projeta uma linha reta a partir da câmera para cada ponto. Na segunda imagem da sequência, o software identifica as novas posições de A, B e C, projeta novas retas e compara à imagem anterior. Ao triangular as informações e encontrar o cruzamento das retas projetadas a partir dos pontos das imagens, o software identifica a relação espacial dos pontos e suas posições em três dimensões.

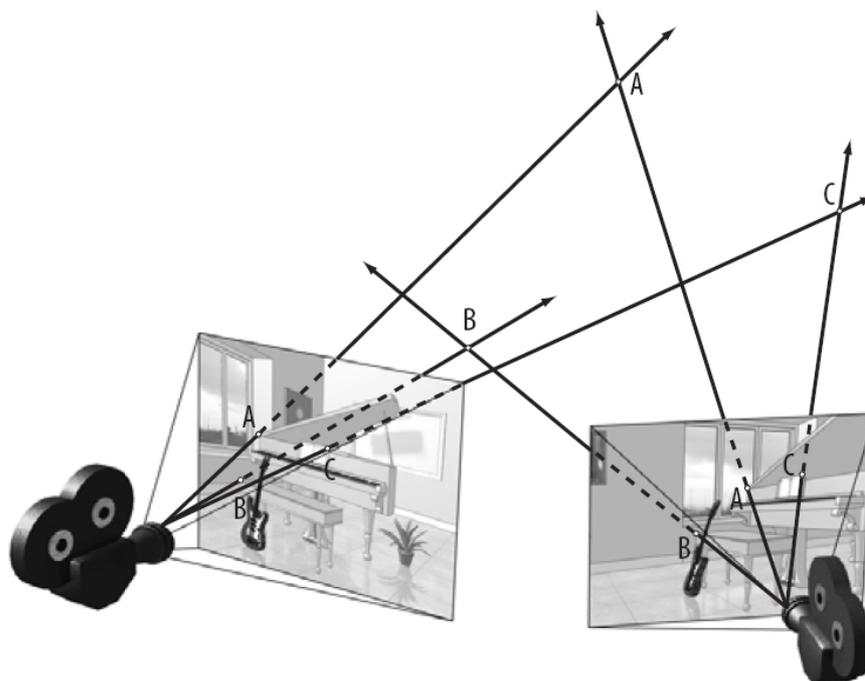


Figura 1 - Posições tridimensionais em relação às projeções bidimensionais.
Fonte: DOBBERT, 2005, p.36.

Porém, a precisão obtida dessa relação espacial dos pontos 3D está intrinsecamente relacionada à qualidade do movimento que a câmera executa. Em outras palavras, o software de *matchmoving* usa a paralaxe da sequência de imagens para determinar a relação espacial dos pontos rastreados. Paralaxe refere-se à mudança de perspectiva causada pela mudança de ponto de vista: em uma câmera em movimento, os objetos próximos se moverão de forma mais rápida que os objetos distantes dessa câmera. Os softwares de *matchmoving* valem-se disso para extrair informações 3D com precisão. Filmagens sem paralaxe (estáticas ou panorâmicas) possuem técnicas diferentes de obtenção do *matchmoving*.



Figura 2 - Paralaxe

Na FIG. 2 a câmera executa um movimento lateral da esquerda para a direita. Devido à paralaxe (mudança do ponto de vista da câmera e conseqüente mudança de perspectiva) é perceptível o quão próximos os elementos estão da câmera devido ao seu deslocamento aparente.

Fonte: Dave Dugdale. Konova Slider Montage Film. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=gmsOaziTL7g>> Acesso em: 27 abr. 2016.

Sobre a quantidade de pontos 2D da sequência de imagens “em geral, a maioria dos softwares de *matchmoving* precisam de sete a doze pontos visíveis rastreados em qualquer imagem para completar uma calibração sólida” (DOBBERT, 2005, p.40). Calibração é o termo usado no processo de descoberta de todas as informações possíveis da câmera de uma cena filmada, incluindo posição¹, translação², rotação³ e distância focal⁴ dessa câmera real a fim de simular a câmera digital (DOBBERT, 2005, p.25).

A fim de se obter maior precisão dentro de um processo mais fluido de produção de *matchmoving*, principalmente na fase de calibração da câmera, o

1 - Posição: Em 3D, posição refere-se ao ponto no espaço referenciado pelos eixos X, Y e Z. Isto é, sua largura, altura e profundidade em relação a um ponto de origem.

2 - Translação: É o deslocamento de um ou vários pontos do espaço em uma determinada direção, considerando uma determinada quantidade de unidades.

3 - Rotação: É o deslocamento circular, tendo como referência um ponto de ancoramento.

4 - Distância Focal: Este termo é explicado no Capítulo 03 sobre Produção, no subtópico 3.3.3 sobre Câmeras.

usuário pode auxiliar o software, introduzindo informações adicionais obtidas durante o processo de filmagens nas locações durante a produção. Essas informações são consideradas uma “mão na roda”, pois aceleram o processamento computacional da sequência de imagens e aumentam a qualidade do *matchmoving* obtido. Desse modo, o estudante que utilizará o *matchmoving* em suas produções deverá ficar atento às etapas produtivas para obter essas informações complementares. A obtenção dessas informações adicionais foi abordada no Capítulo 3.

1.2 PRODUÇÕES COMERCIAIS E PRODUÇÕES ESTUDANTIS

O *matchmoving* é uma técnica que tem seu desenvolvimento em grande parte no início da pós-produção, pois é o requisito que dá viabilidade para que as demais etapas da pós-produção possam acontecer. Como exemplo, pode-se citar um personagem digital que interage com o elemento fílmico real da cena: para que o animador possa animar esse personagem de forma satisfatória, é necessário a versão digital da câmera real (com o ponto de vista para o personagem) e um elemento 3D de baixa resolução (como referência do elemento fílmico real) para que o personagem possa interagir. Ambos (câmera e elemento 3D de baixa resolução) são obtidos na etapa do *matchmoving*. Porém, para que a etapa do *matchmoving* possa se desenvolver de forma eficiente, sem grandes problemas e com precisão, é preciso levá-lo em consideração nas demais fases precedentes (pré-produção e produção) no processo de criação de um filme que possua cenas contendo efeitos visuais digitais. Desse modo, com uma execução bem-feita, o *matchmoving* mantém sua característica principal: a de ser uma técnica invisível na cena final. Segundo DOBBERT (2005, p.X) “A única vez que um *matchmoving* é visível em uma cena é quando esse é um *matchmoving* mal executado”.

A FIG. 3 compara as cenas filmadas antes e depois da aplicação dos efeitos visuais. Os efeitos visuais nessa cena incluem elementos 3D digitais como a aeronave, os equipamentos e o traje da atriz, além do fundo com a inserção do planeta Terra e a iluminação. Devido à natureza da cena, os efeitos visuais precisam se encaixar perfeitamente aos elementos filmados pela câmera real. Esse é um exemplo de *matchmoving* bem executado.

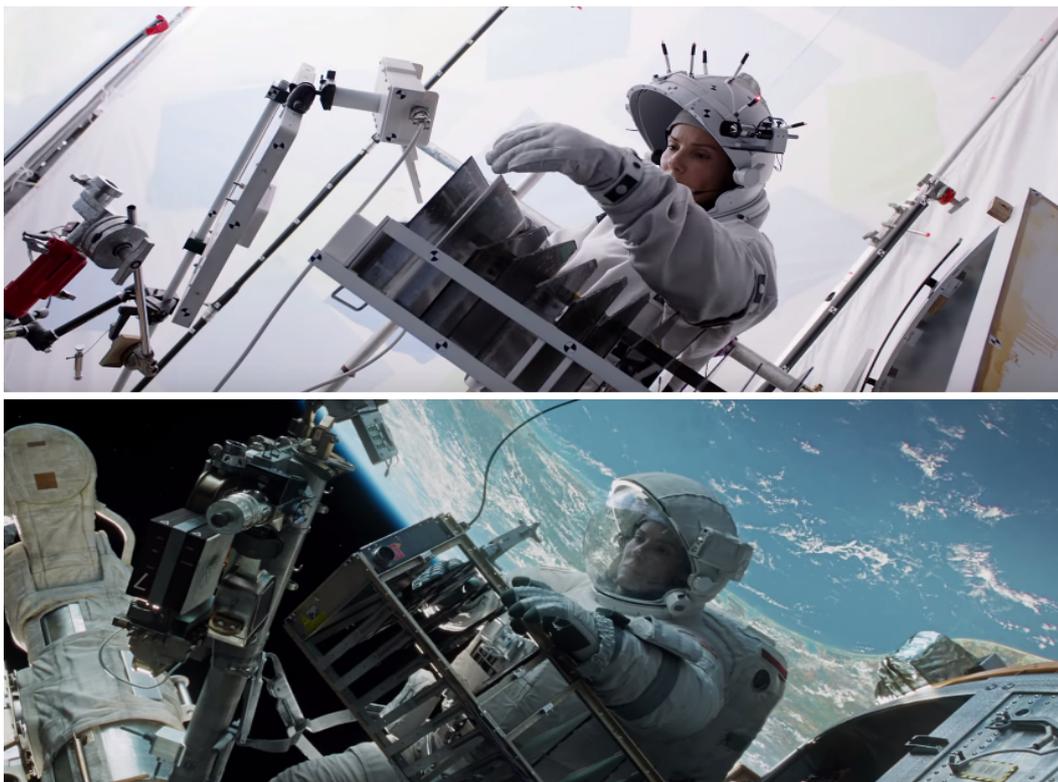


Figura 3 - O emprego do *matchmoving* em efeitos visuais digitais.

Fonte: Framestore Official. Gravity Show and Tell. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=rCm3FYp4hdl>> Acesso em: 18 set. 2015.

Na indústria cinematográfica de efeitos visuais, o trabalho é desmembrado em diversas etapas e funções especializadas, tudo com o intuito de se produzir mais, melhor e em menos tempo possível. A produção do *matchmoving* é alçada do supervisor de efeitos visuais, do produtor de efeitos visuais e do *Matchmover* (também chamado de técnico de *matchmoving*). O supervisor de efeitos visuais é responsável pela produção dos efeitos visuais, desde sua concepção até a entrega final. Ele também é responsável por gerir os artistas e técnicos profissionais que produzirão esses efeitos e supervisionar o trabalho da produtora(s) de efeitos visuais terceirizada(s). Muito de seu trabalho se resume em analisar o meio mais eficiente, barato e criativo de produzir o efeito imaginado pelo diretor do filme, e criar esse efeito através da delegação e supervisão dos outros profissionais de efeitos visuais. O produtor de efeitos visuais é o responsável por verificar prazos, orçamentos, contratar, demitir e coordenar o cronograma de produção. Sua função é essencial, pois a produção de efeitos visuais envolve a utilização de muito recurso financeiro. Desse modo, busca-se fazer o melhor possível, sem desperdícios e prejuízos. Finalmente, o técnico de *matchmoving* é o profissional que produz o *mathcmoving*

das cenas do filme. Esse profissional é especializado e tem a maior parte de seu trabalho desenvolvido na fase de pós-produção. Isto significa que todo o planejamento na pré-produção (que envolve a indicação de marcações para rastreamento 2D, filmagens e coleta de informações nas locações) não é efetuado pelo técnico de *matchmoving* em si, mas por outro profissional de efeito visual, comumente sendo o supervisor de efeitos visuais (ou alguém delegado por ele). Desse modo, o técnico de *matchmoving* apenas inicia sua função ao receber os arquivos de filmagens e as informações adicionais provenientes das locações de produção.

Há pouco tempo, essas técnicas e meios produtivos eram inacessíveis para o estudante de Cinema de Animação e Artes Digitais, sendo utilizada somente por aqueles que possuísem acesso aos caros softwares especializados ou hardwares específicos. Mas esse cenário tem mudado, uma vez que alternativas gratuitas ou de baixo custo de software têm sido produzidas e disponibilizadas, incluindo computadores pessoais com suas capacidades de processamentos aumentadas, além de outros fatores técnicos e econômicos. Dessa forma, o estudante de Cinema de Animação e Artes Digitais passou a possuir uma técnica a mais para criar os efeitos visuais digitais nas cenas de seus filmes, com baixo custo e grande qualidade.

Diferentemente das grandes produções comerciais, nas produções estudantis é comum que uma mesma pessoa desempenhe diversas posições dentro do processo produtivo de um filme, como diretor, produtor, artista de efeitos ou animador. Isso se deve, muitas vezes, à restrições financeiras desses projetos, onde os integrantes (quando mais de um) trabalham em um ambiente voluntário, colaborativo e informal, onde a criatividade e capacidade adaptativa são recursos ilimitados. Essa adaptabilidade, somada às características multidisciplinares dos estudantes do CAAD, acaba por gerar integrantes com tarefas multifuncionais. Isso pode ser de grande valia quando direcionado para a produção de *matchmoving*, pois o técnico que criará o *matchmoving* no software na pós-produção é o mesmo profissional que produziu as filmagens e o planejamento. E seu conhecimento prévio artístico e técnico (generalista) o auxiliarão na resolução problemas que vier a ocorrer, e, desse modo, ele poderá, a partir do conhecimento prático do *mathcmoving* na etapa pós-produtiva, atingir os requisitos essenciais especificados durante as etapas precedentes, a fim de criar um *matchmoving* eficiente.

2 PRÉ-PRODUÇÃO

2.1 ROTEIRO

Quando as cenas são desenvolvidas no roteiro, o roteirista e/ou diretor não pensam no *matchmoving* como elemento prático, a ser denotado nas descrições de cena. O foco desses profissionais são a história, os personagens, os diálogos e os elementos de cena que contribuirão para a narrativa. Inconscientemente, eles apenas descrevem a necessidade do *matchmoving* quando indicam cenas onde os efeitos visuais digitais são requeridos.

Na confecção do roteiro técnico, o *matchmoving* terá um pouco mais de atenção, pois nessa etapa será definido o enquadramento, movimentações de câmera, elementos visuais, elementos cênicos e posicionamento de atores. Enfim, serão pré-definidos todos os requisitos necessários para que a cena possa ser produzida com a qualidade artística almejada pelo projeto. O *matchmoving*, sendo uma técnica de efeito visual, será analisado conscientemente durante a confecção do roteiro técnico nas cenas que envolvem a utilização de algum efeito visual digital. Obviamente, nem todo efeito visual envolve a utilização do *matchmoving*. O *matchmoving* é necessário somente em:

- (a) Cenas em que exijam que o elemento digital inserido posteriormente acompanhe o movimento relativo à câmera. Em linguagem comum, em cenas onde pareça que o elemento digital, inserido e integrado no ambiente, esteja sendo filmado pela câmera. Isso é chamado de Rastreamento de Câmera;
- (b) Cenas que exijam que o elemento digital inserido posteriormente acompanhe o movimento relativo ao objeto que se desloca na cena. Isso é chamado de Rastreamento de Objeto;
- (c) Cenas que exijam que o elemento digital inserido posteriormente acompanhe ambos os movimentos relativos ao objeto e à câmera.

Secundariamente, o *matchmoving* também é usado para recriação digital dos elementos contidos na cena filmada (em versões 3D de baixa resolução) ou para remoção desses elementos, através de projeção de câmera e máscaras.

O roteiro técnico das cenas que envolvem efeitos visuais é desenvolvido pelo supervisor de efeitos visuais. Na produção estudantil, será o próprio estudante que desempenhará essa função. Essa é uma etapa importante, pois ajuda a categorizar todos os elementos necessários para a produção de um determinado efeito visual, permitindo assim produzir cenas complexas sem esforço desnecessário.

2.2 LOCAÇÕES E CENÁRIOS

Para uma melhor pré-visualização de cena, o estudante que estiver produzindo seu filme, poderá iniciar uma pesquisa de locação. Isto é, escolher o local onde a ação de sua cena se desenvolve, podendo ser ambientes externos ou internos. Definir essa etapa na pré-produção, ainda durante o desenvolvimento do filme, pode ser de grande valia para o planejamento das cenas que envolvam o *matchmoving*, pois assim será possível analisar como os elementos digitais serão inseridos, através de fotos dos locais escolhidos, e quais elementos deverão ser retirados. Ainda, será possível pré-visualizar a ação do efeito visual no ambiente onde ela ocorrerá, através de desenhos sobrepostos às fotos do ambiente. Assim, o estudante poderá, de antemão, identificar quais locais precisarão de marcações rastreáveis para que o software possa rastrear de forma satisfatória o ambiente na pós-produção. Na FIG. 4, a imagem da esquerda mostra a foto referencial da locação onde a cena ocorrerá. Já a imagem da direita é a mesma foto já contendo, sobreposto, o planejamento da inserção de um modelo 3D genérico.



Figura 4 - Planejamento de inserção de um modelo 3D em um cena utilizando as fotos da locação.
Fonte (imagem esquerda): KOENIG, Sebastian. Track, Match, Blend! Blender Institute. Holanda, 2012. DVD.

Fonte (imagem direita): KOENIG, Sebastian. Track, Match, Blend! Blender Institute. Holanda, 2012. DVD. (Editado pelo autor).

Ainda na fase de planejamento e escolha de locação, o estudante deverá considerar os requisitos da produção de *matchmoving* em cenas que utilizarão da técnica de *chroma-key*¹. Além disso, ele deverá também planejar os elementos cênicos referenciais: isto é, aqueles objetos que servem de referência de volume e espaço para os elementos que serão acrescentados digitalmente à cena. A produção efetiva desses elementos ocorrerá na fase de produção, mas seu planejamento prévio permitirá a fluidez em suas confecções.

2.3 PRÉ-VISUALIZAÇÃO

Com o roteiro elaborado, o roteiro técnico descrevendo os requisitos e características da cena e fotos referenciais das possíveis locações, o passo seguinte é a pré-visualização, através do *storyboard* e do *animatic*. Essas etapas consistem na criação visual das cenas através de desenhos em rascunhos e a animação simplificada desses rascunhos. Isso permite que as cenas sejam verificadas e testadas previamente, sem gastar grandes recursos financeiros com a produção da cena em si efetivamente. Para os efeitos visuais, essa etapa consiste na verificação da viabilidade dos efeitos na cena, permitindo uma dinâmica de testes a fim de obter maior eficiência das cenas e dos efeitos, tanto criativa quanto financeira e produtivamente. Essas animações simplificadas podem ser feitas de forma bidimensional ou através de modelos tridimensionais de baixa resolução.

Esse processo de visualização prévia é importante ao *matchmoving*, pois permite analisar a cena, indicando se existem, ou não, os requisitos essenciais à sua produção. Essas características são a princípio:

- (a) Identificar se a câmera está estática ou se movimentando. Se em movimento, qual é esse movimento;
- (b) Se existem pontos rastreáveis suficientes para que o software possa rastrear, se eles estão bem-dispostos na profundidade da cena. Caso contrário, deverão ser inseridos marcações no cenário na etapa de produção;

1 - *Chroma-key* é uma técnica de efeito visual que consiste em colocar uma imagem sobre uma outra através do anulamento de uma cor padrão, como por exemplo o verde ou o azul.

- (c) Se existe paralaxe, ou em outras palavras, se existe mudança visível de perspectiva;
- (d) Identificar quais elementos digitais serão inseridos ou quais os elementos da filmagem que serão removidos das cenas.

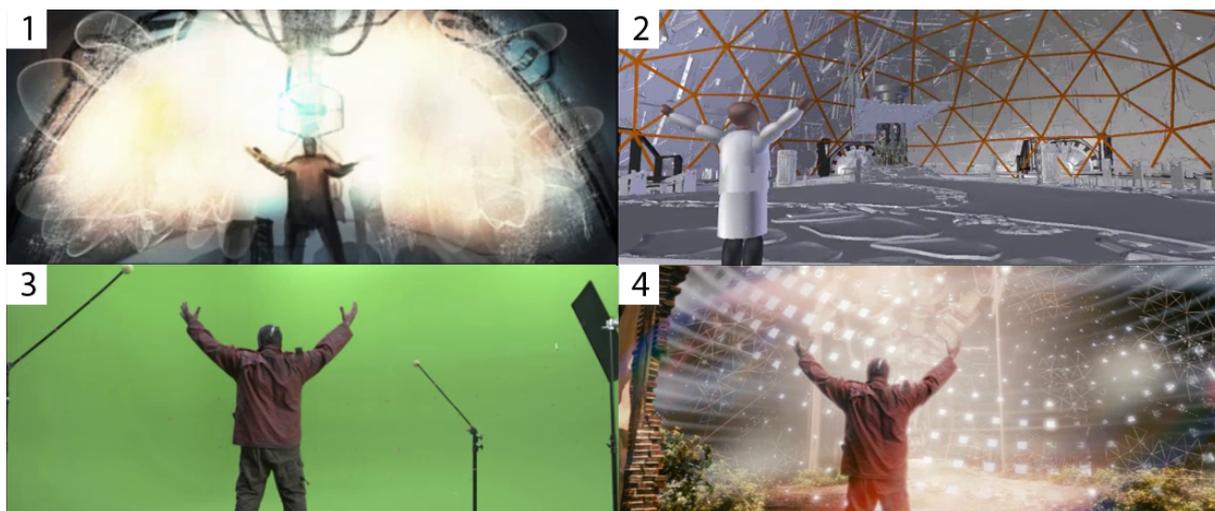


Figura 5 - A pré-visualização, com sua etapa inicial (1), à cena final (4).

No quadro nº 1 da FIG. 5 é mostrado o desenho de conceito inicial da cena descrita no roteiro. A partir dessa imagem, uma segunda visualização feita de modelos tridimensionais (quadro nº 2) auxilia no planejamento da ação do personagem, seu posicionamento na cena, quais elementos a cena possui e suas proporções, além da movimentação da câmera. No quadro nº 3, identifica-se a escolha técnica de produção da cena, que é o *chroma-key*, onde o personagem é um ator real e o cenário um fundo de cor uniforme (dessa forma havendo apenas a identificação de marcações para o *matchmoving*). Já no quadro nº 4, a cena é finalizada com os elementos digitais inseridos.

Fonte: DVD LÁGRIMA DE AÇO (Tears of Steel). Making of. Direção: Ian Hubert. Holanda, 2012. 12 min. Cor. Produzido por Blender Institute.

3 PRODUÇÃO

A produção é efetivamente onde todo o planejamento efetuado na pré-produção acontece. Nessa etapa, os departamentos produtivos envolvidos estarão a postos para filmar as cenas. O *matchmoving* contribuirá para essa produção, principalmente dispondo de marcações para posterior rastreamento pelo software, coletando informações sobre as câmeras, suas propriedades e movimentos para mensurar os elementos cênicos, a fim de se obter referências para proporções dos elementos dos efeitos visuais digitais.

3.1 MARCAÇÕES

As marcações são pontos visuais existentes na sequência de imagens, que comumente possuem grande contraste e brilho em relação ao seu entorno. Essas marcas, uma vez identificadas, serão rastreadas bidimensionalmente no software de *matchmoving*, através de rastreadores, e usadas como parâmetro para a calibração da câmera digital. Essas marcações são obtidas através das formas de texturas dos objetos contidos na imagem, e são elementos importantes para a criação de um *matchmoving* eficiente. Logo, é importante considerá-los durante a filmagem da cena.

As marcações são colocadas conscientemente no espaço visível do plano da câmera, ou são obtidas de forma natural pelas texturas e formas dos próprios elementos físicos contidos na cena. Esse último tipo de marcação costuma ser encontrado em ambientes ricos em texturas, que pode ser tanto em ambientes externos como internos. Essas marcações naturais constituem, pelo próprio nome, de marcas visuais já contidas nos elementos de cena, como as características das superfícies e forma dos objetos.

Durante a identificação e inserção de marcações na filmagem de determinada cena, é preciso considerar o equilíbrio entre as marcações inseridas sinteticamente das marcações já contidas no plano. Em ordem de prioridade, as marcações naturais se sobrepõem às sintéticas, pois a remoção dessas últimas marcações terá

um esforço adicional na etapa de finalização, ou seja, uma marca sintética colocada na cena exigirá sua retirada durante a pós-produção, caso essa marca não se mescle com o ambiente. Desse modo, o tempo economizado com a produção eficiente do *matchmoving* será perdido com a remoção digital da marca. A FIG. 6 mostra um exemplo de ambiente, rico em texturas, onde existem marcações naturais suficientes para a criação de um *matchmoving* preciso. No exemplo, a inserção de marcações sintéticas nesse ambiente seria redundante e dispendioso.

Mais informações sobre marcadores será abordado no tópico **Rastreamento 2D** (pág. 60).



Figura 6 - Exemplo de cenário com marcações naturais.
Fonte: KOENIG, Sebastian. Track, Match, Blend! Blender Institute. Holanda, 2012. DVD.

Nem todo ambiente natural possui marcações eficazes. É preciso ficar atento, pois determinados ambientes apresentam (de forma visível ao estudante e/ou ao profissional de *matchmoving*) marcações naturais que seriam suficientes para a produção de *matchmoving*, porém isso não é verdade para o software. Por exemplo, a FIG. 7, onde o quadriculado do piso e a disposição dos móveis da sala apresentam marcações e texturas suficientes para seu rastreamento, caso a movimentação da câmera se mantivesse focada nesse espaço visual apenas. Porém, uma vez que a câmera se desloca pelo espaço e foca parcialmente a parede, a superfície branca desta não indica perspectiva ou paralaxe, o que para o

software de *matchmoving* significa uma superfície plana bidimensional (gerando, por conseguinte, um *matchmoving* ineficaz).



Figura 7 - Ambiente com marcações naturais parcialmente eficientes.

A solução nesse caso, é a inserção de marcações sintéticas complementares na FIG. 8, posicionadas estrategicamente, de modo a evidenciar a variação de perspectiva no decorrer da sequência dentro do plano visual da cena. Essa estratégia deve ser considerada em todas as cenas que exigirem marcações sintéticas: as marcações devem ser posicionadas de modo a denotar a relação de profundidade do ambiente e os objetos contidos neste, facilitando assim a análise da cena e a geração de seu *matchmoving* para o software.



Figura 8 - Ambiente com marcações naturais e sintéticas complementares.

Em cenas que exigem *chroma-key* inteiramente ou parcialmente, as marcações sintéticas constituem as fontes primárias e essenciais de obtenção de informação espacial para o rastreamento pelo software. Por possuir a característica de coloração e iluminação uniformes, os ambientes, painéis e/ou objetos destinados ao *chroma-key* e posicionados na cena, não apresentam texturas e marcações naturais. As marcações sintéticas deverão ser posicionadas também, iguais ao ambiente natural, de modo estratégico a denotar a relação espacial e de

perspectiva. A quantidade de marcações posicionadas deve ser equilibrada com a dificuldade de sua remoção posterior. Esse último problema é muitas vezes solucionado com as marcações sintéticas coloridas: isto é, as marcações inseridas nas cenas possuem cores uniformes que facilitarão a sua remoção no processo de extração do *chroma-key*. A FIG. 9 exemplifica um ambiente de *chroma-key* onde as marcações auxiliarão na fase do *matchmoving*.



Figura 9 - Cenário em *chroma-key* com marcações sintéticas para *matchmoving*.
Fonte: HOLMES, Per. Hollywood Camera Work: Visual Effects for Director. EUA, 2006.

Uma marcação sintética eficaz pode ser criada com qualquer elemento opaco, de coloração uniforme, e que crie contraste com o fundo ao qual foi inserido. Comumente, se faz uso de fitas adesivas, bolas de isopor ou de tênis. As marcações devem ser visíveis à câmera, devem ser posicionadas de modo a denotar a espacialidade do ambiente e facilitar o seu rastreamento posterior. Quanto ao rastreamento de câmera, as marcações devem ser posicionadas em elementos estáticos fixos no cenário. Isso significa que as marcações não devem se mover de forma independente uma das outras. A movimentação aparente de cada uma delas se dará na filmagem, como resultado da movimentação da câmera primariamente.

Isso se deve ao algoritmo do software, que precisa estritamente da consistência do ambiente rastreado para obter suas posições espaciais.

Quanto ao rastreamento de objetos, as dicas sobre marcações são semelhantes. Elas precisam ser visivelmente identificáveis, dispostas a denotar o melhor espaço possível e, o mais importante, possuir as mesmas relações espaciais quando o objeto se mover. Novamente, os marcadores devem ser dispostos em objetos rígidos que se movam como um bloco em unidade. O importante a ressaltar aqui é que os marcadores não se movam de forma independente uns dos outros.

Para o rastreamento de objetos com marcações que se movam independentemente, a melhor técnica a ser empregada é o *Motion Capture (Mocap)*, que consiste na captura do movimento e na transposição desse movimento para modelos digitais. (com um processo que faz a utilização de várias câmeras para a capturar vários ângulos em tempo real) do ator que executa o movimento capturado.



Figura 10 - Marcações no braço da atriz indicam onde o efeito visual será inserido.

Fonte: DVD LÁGRIMA DE AÇO (Tears of Steel). Making of. Direção: Ian Hubert. Holanda, 2012. 12 min. Cor. Produzido por Blender Institute.

3.2 ELEMENTOS DE CENA

Não somente de marcações no ambiente vive o *matchmoving*, também são utilizados elementos cênicos que permitem ao ator interagir com determinado elemento que será inserido posteriormente.

Esses objetos de cenas tangíveis são conhecidos como elementos de cena e têm por finalidade permitir que o ator interaja com naturalidade com o suposto elemento digital que será acrescentado à cena, tornando a cena, com o elemento digital posteriormente inserido, mais crível para o espectador.



Figura 11 - Interação com um elemento de cena que será substituído na pós.

Fonte: DVD LÁGRIMA DE AÇO (Tears of Steel). Making of. Direção: Ian Hubert. Holanda, 2012. 12 min. Cor. Produzido por Blender Institute.

As construções desses objetos de cenas reais devem permitir que a etapa de *matchmoving* seja eficiente. Desse modo, eles também apresentam marcações visuais que permitirão um rastreamento de qualidade, se, principalmente, esses elementos de cena apresentarem a relação espacial de volume e escala do objeto digital que será substituído posteriormente.

Esses elementos de cena podem ser de interação e se moverem em cena. Por exemplo, no caso de uma arma futurística na mão da atriz (FIG. 12), sua construção deve estar atenta à facilidade de obtenção do *matchmoving*, que será codificado através do rastreamento de objetos, nesse caso possuindo marcações visuais equilibradas com a dificuldade de remoção desses elementos (caso se sobreponham ao ator ou a outro objeto na cena). São essenciais aos bons elementos de cena possuir marcações com contrastes, diversificação da relação espacial, e rigidez. Essa última característica refere-se à necessidade de um objeto

(que será rastreado) se mover em unidade, permitindo a consistência na relação de distância entre as marcas.



Figura 12 - Elemento de cena utilizado com referência para uma arma futurística.
Fonte: HOLMES, Per. Hollywood Camera Work: Visual Effects for Director. EUA, 2006.

Os elementos de cenas também podem ser estáticos, mas devem apresentar as mesmas características de marcações e rigidez. Eles são comumente evidenciados com coloração que permita sua remoção posterior com facilidade. A FIG. 13, por exemplo, apresenta o ator em um ambiente artificial sentado sobre um elemento de cena que será removido e substituído por um elemento digital.



Figura 13 - Elemento de cena utilizado como referência para interação.
Fonte: DVD LÁGRIMA DE AÇO (Tears of Steel). Making of. Direção: Ian Hubert. Holanda, 2012. 12 min. Cor. Produzido por Blender Institute.

Além de serem usados como referência visual e espacial para elementos estáticos e apetrechos, os elementos de cena também são utilizados como referência para interação com personagens digitais. Comumente são utilizadas marcações específicas para indicar a posição da cabeça de um personagem digital. Essa técnica permite que o ator real mantenha a linha de seus olhos à linha dos olhos do personagem digital, permitindo assim uma melhor interação por parte do ator (pois saberá em que direção olhar durante sua atuação).

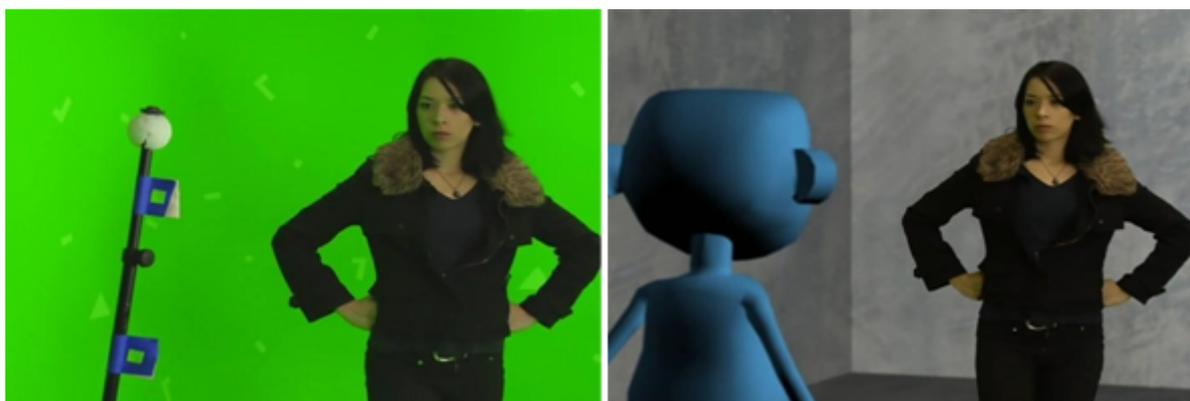


Figura 14 - Referência de interação para o ator em cena.

Fonte: HOLMES, Per. Hollywood Camera Work: Visual Effects for Director. EUA, 2006.

3.3 CÂMERA

A responsabilidade principal do técnico de *matchmoving* é providenciar a câmera digital que precisamente imitará a câmera da filmagem, incluindo todas suas propriedades. Logo, se faz indispensável que esse profissional saiba como as câmeras reais funcionam. Isso continua valendo para o estudante, pois ele muitas vezes será o responsável pelo manuseio da câmera durante a produção de seu trabalho. Para este estudante, e pensando na simplificação de sua produção, esse trabalho discorreu sobre Câmeras Digitais. O primeiro motivo é que o acesso às câmeras tradicionais de película utilizadas nas produções do cinema tradicional é limitado devido ao seu alto custo, pois envolvem aluguel, manutenção, insumos, e processamento do filme em laboratórios especializados para finalidade de se obter o arquivo digital para manipulação. Mesmo que, atualmente, a etapa de processamento do filme em laboratórios ou o próprio uso de película como mídia

vem sendo substituído pelo desenvolvimento técnico e adaptação da indústria às câmeras digitais de altíssima resolução, seu custo ainda é elevado. Ou seja, trata-se de uma realidade insustentável ao estudante e sua pequena produção. O segundo motivo é a relativa acessibilidade do estudante às câmeras digitais, que se deve muito a um tecnologia em contante desenvolvimento, barateando custos e tornaram disponível esse equipamento para o mercado consumidor comum. Outro fato é a disseminação das câmeras em diversos dispositivos móveis, que, com o tempo, têm se tornado um meio a mais de obtenção de filmagens para se trabalhar. Além disso, o arquivo gerado na filmagem de uma cena já pode ser utilizado instantaneamente após sua gravação.

Por fim, independente do equipamento disponível, o estudante deve ponderar sobre as propriedades básicas da qualidade da filmagem para o *matchmoving* inicialmente. Essas propriedades são essencialmente definição, resolução, granulação, brilho e contraste, taxa de quadros, compressão do arquivo, quantidade de *motion blur* e foco dessa filmagem. Esses tópicos estão descritos a seguir.

3.3.1 Propriedades do arquivo de filmagem

Definição, segundo Herbert Zettl (2011, p. 403), é a “nitidez com que uma imagem é exibida. Em televisão, o número e o tamanho de *pixels* que compõem a imagem na tela.” Ou seja, para *matchmoving*, quanto mais detalhes e nitidez da informação contidos na imagem, melhor será o rastreamento e a precisão dos elementos posteriormente inseridos.

Resolução é a “medida dos detalhes da imagem, expressa no número de *pixels* por linha de varredura e no número de linhas de varredura visíveis” (HERBERT ZETTL, 2011 p.418). Em outras palavras, resolução é o número de *pixels* da imagem, sendo expressa pela área (largura x altura). Por exemplo, se uma imagem tem 1280x720, isso significa que esta possui 1280 *pixels* de largura e 720 *pixels* de altura. Atualmente, existem diversos padrões de resoluções no mercado, comumente associado a um nome. Na FIG. 15, há alguns exemplos de resoluções de imagem e suas proporções em relação às outras. Outra característica associada à resolução é a **Relação de Aspecto**, que é a proporção entre largura e altura da

imagem. Ao utilizar o exemplo anterior, 1280x720 e reduzi-lo à sua menor fração obtém-se 16:9. Logo, para obter uma nova imagem com a mesma proporção, basta manter a mesma relação de aspecto (16:9).

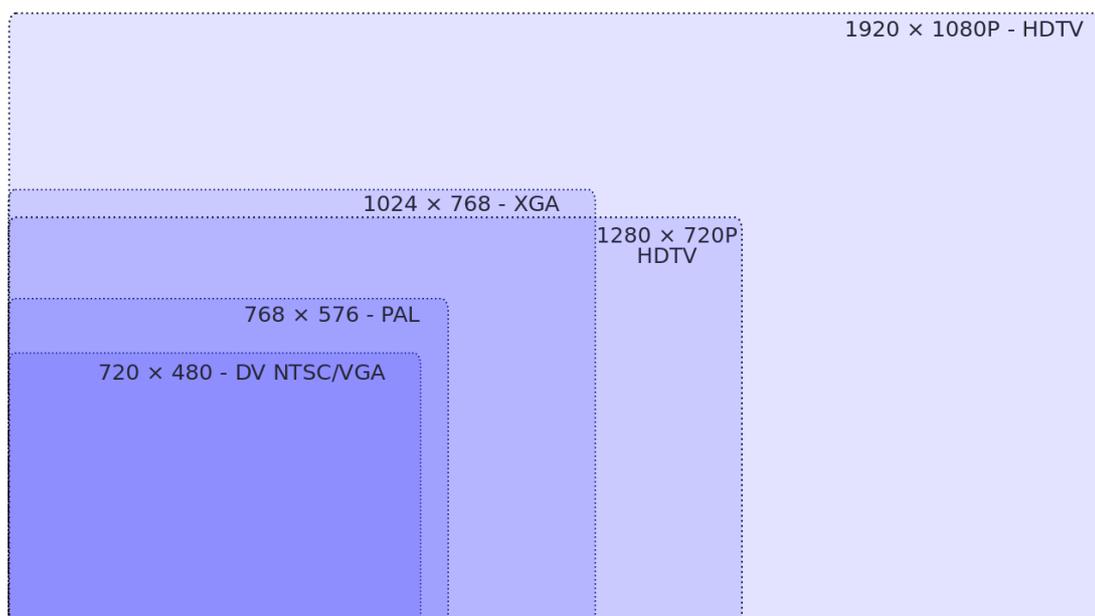


Figura 15 - Resoluções.

Fonte: Resoluções. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Televis%C3%A3o_de_alta_defini%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 13 jun. 2016.

Granulação, ou ruído visual (FIG. 16) ocorre em vídeo devido à variação da sensibilidade do sensor e à variação da iluminação da cena capturada. Esse fator é intrínseco à estética da filmagem: não existe captura sem ruído. Estamos tão habituados inconscientemente à presença da granulação na imagem que, quando esta não existe (em imagem geradas diretamente por computador), percebemos a artificialidade da cena. Sendo assim, no processo de composição, os elementos digitais recebem uma cota de granulação, a fim de se mesclar com a imagem capturada.

Para o *matchmoving*, a granulação pode ser um problema, pois o rastreador do software, em nível de pixel, não seria acurado e apresentaria variações. A solução desse problema, muitas vezes, é a remoção mínima da granulação em softwares de composição. Outra solução consiste na captura da imagem com maior definição e resolução, pois com mais informação na imagem, menor a quantidade de ruído interferindo. Por fim, uma atenção especial à iluminação e sensibilidade da câmera já evitam suficientemente a redução de ruídos na filmagem final.

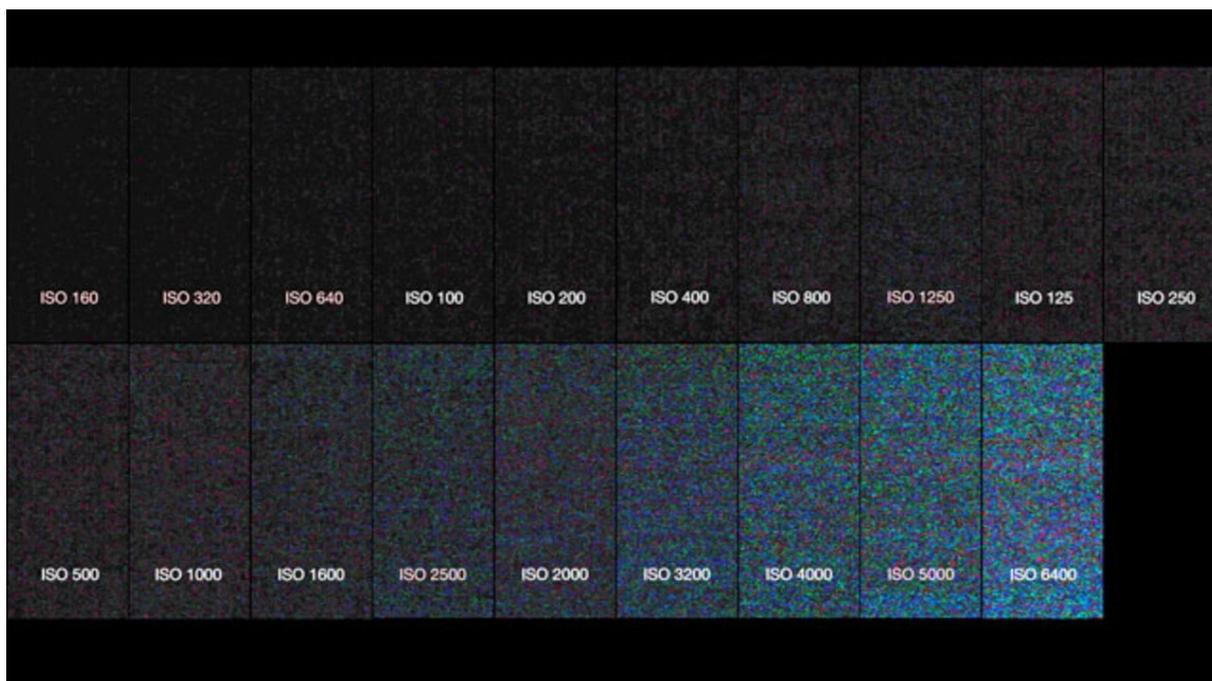


Figura 16 - Comparação de ruídos.

Fonte: Testing Canon's ISO noise in Video mode on the 60D. Disponível em: <<https://vimeo.com/23082874>>. Acesso em: 13 jun. 2016.

O **Brilho**, também conhecido como Luminância, é a “informação sobre a intensidade do brilho (preto e branco) de um sinal de vídeo (produz a escala de cinza)” (HERBERT ZETTL, 2011 p.411)”. E o **Contraste** “é definido como a separação entre o escuro e o claro de uma imagem”¹. A relação entre brilho e contraste é importante para o *matchmoving* na hora do rastreamento, pois quanto melhor for o equilíbrio entre o brilho e o contraste entre as marcações da imagem, mais definição visual o software terá para manter o rastreador fixo àquelas marcas e, conseqüentemente, mais preciso será o resultado final obtido.

Taxa de quadros refere-se, como diz o nome, à quantidade de quadros exibido por segundo de vídeo. Também conhecido como velocidade, a taxa de quadros possui padrões préestabelecidos, assim como a resolução, sendo a mais comum a taxa de 24 quadros por segundo. Para o *matchmoving*, essa informação apenas interfere na quantidade de quadros que serão rastreados, sendo que, quanto maior a taxa, maior será a quantidade de quadros da filmagem.

A **Compressão** do arquivo refere-se à redução da quantidade de dados da filmagem através de esquemas de codificação (*codecs*), a fim de otimizar e comprimir a filmagem para acelerar o processamento computacional despendido

1 - Fonte: Steve Digitcams. Disponível em: <<http://www.steves-digicams.com/knowledge-center/brightness-contrast-saturation-and-sharpness.html>>. Acesso em: 13 jun. 2016.

nestas. Existem duas formas de compressões: a primeira, que diminui ligeiramente o tamanho da filmagem original (compressão sem perdas), e a segunda, que remove dados redundantes sem muita importância (compressão com perdas). A atenção do *matchmoving* a esse tema refere-se à necessidade de detalhes para o rastreamento, pois a compressão refere-se à remoção controlada de dados (logo, a remoção de detalhes). Em equilíbrio, é necessário considerar a precedência, onde o *matchmoving* trabalharia sobre um arquivo sem compressão e, depois, passaria adiante a filmagem, já comprimida, para o restante da cadeia produtiva.

Motion blur é a aparência borrada dos objetos de uma imagem devido à movimentação (do objeto ou da câmera) durante a captura da luz pelo sensor da câmera. Elementos borrados são imprecisos para se rastrear, uma vez que não possuem definição visual clara o suficiente para o rastreador. A solução, muitas vezes, consiste no adivinhamento pelo técnico da posição da marca rastreada e seu rastreamento manual quadro a quadro. Ou seja, imagens com muito *motion blur* aumentam o labor do rastreamento e geram resultados menos precisos.



Figura 17 - Exemplo de Motion Blur.

Fonte: Motion Blur. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Motion_blur>. Acesso em: 13 jun. 2016.

Como o *motion blur*, que se refere aos objetos em movimento, o **Foco** afeta a nitidez da imagem como um todo. Quanto menos foco, mais borrada é a imagem, e pior será para o rastreamento desta. Tecnicamente, o foco é o ponto de

convergência dos raios de luz refratados pelas lentes (HERBERT ZETTL). O controle da lente, então, define o foco da imagem obtida. As lentes são melhores comentadas no tópico seguinte.

Após considerar todas estas propriedades da filmagem obtida, o estudante deve também ponderar o meio final em que deseja transmitir o trabalho: DVD, *bluray* e/ou internet. Por fim, ele deve certificar-se para obter informações adicionais sobre a câmera que complementarão o software durante a produção do *matchmoving*, Esses dados adicionais, descritos a seguir, envolvem conhecimento sobre lentes, distância focal, profundidade de campo e distorções de lente.

3.3.2 Lentes

“As lentes capturam, focam, e transmitem a luz do mundo do lado de fora para a película [ou sensor] dentro da câmera e criam a imagem que será vista na cena final” (HORNUNG, 2010 p.28). A lente é um delicado e sofisticado aparato que possibilita que a luz chegue ao sensor, em câmeras digitais, de forma precisa. A lente de uma câmera é comumente formada pelo conjunto de várias lentes individuais, que se chamam elementos (FIG. 18). Cada um desses elementos possui uma função, que envolve desde redistorcer a imagem até deixar o alvo filmado em foco.

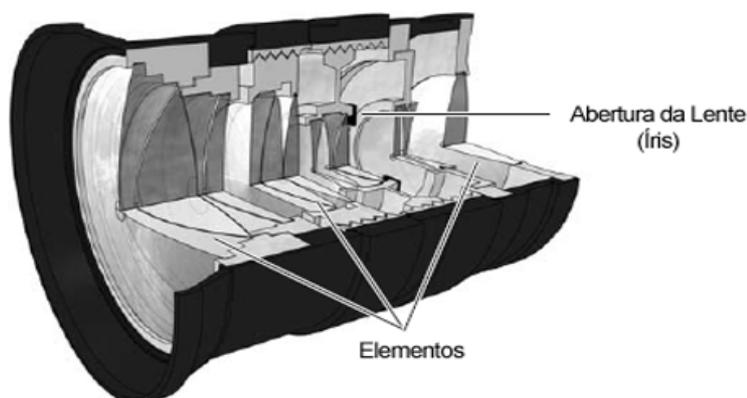


Figura 18 - Lentes
Fonte: DOBBERT, 2005, p.114 (Tradução nossa).

As lentes também controlam a quantidade de luz que entra na câmera, feito pela íris, que é formada por uma série de lâminas em espiral que se abrem ou fecham, de acordo com o anel controlador que se encontra na parte externa. Esse controle determina a luminosidade final da imagem capturada.

As lentes também apresentam outras séries de características, apresentadas a seguir, que o técnico em *matchmoving* deve conhecer, pois suas propriedades e comportamentos afetam diretamente a filmagem final.

3.3.3 Distância Focal

“A característica da lente que mais interfere na imagem final é a distância focal” (DOBBERT, 2005 p.115). Expressa em milímetros, comumente variando de 16 mm até 200 mm, a distância focal representa a distância do elemento primário da lente em relação ao sensor da câmera. A FIG. 19 mostra um esquema visual comparando o campo de visão de uma câmera com uma lente com distância focal curta e uma longa. A lente de curta distância focal possui um campo de visão com uma angulação maior, desse modo abrangendo mais informação em relação à lente de longa distância focal. Porém, esta última, por possuir um campo de visão estreito, possui um longo alcance para informações em longas distâncias.

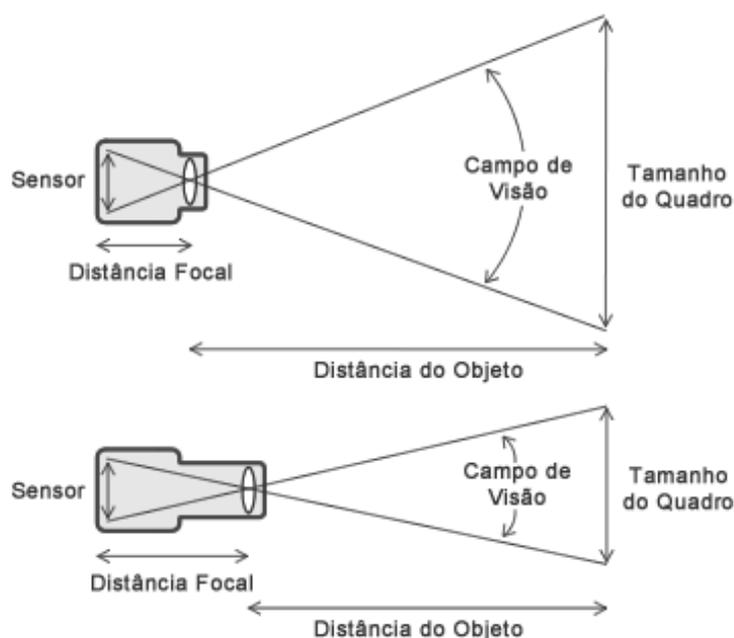


Figura 19 - Relação entre distância focal e campo de visão.

Uma lente com distância focal curta, também denominada Grande Angular, evidencia mais a perspectiva da cena, engloba mais campo de visão e apresenta um maior senso de profundidade à imagem final capturada (FIG. 20).



Figura 20 - Imagem captura através de uma lente de 16 milímetros.
Fonte: Vimeo video school. BEHIND THE GLASS PART 1. Disponível em: <<https://vimeo.com/27582408>>. Acesso em: 03 set. 2015.

Uma lente com distância focal longa, também denominada Teleobjetiva, possui um achatamento entre os elementos da frente com o fundo da cena, devido ao pouco senso de profundidade e ao menor campo de visão (FIG. 21). Essas lentes são ótimas para registrar elementos em longa distância.



Figura 21 - Imagem capturada através de uma lente de 200 milímetros.
Fonte: Vimeo video school. BEHIND THE GLASS PART 1. Disponível em: <<https://vimeo.com/27582408>>. Acesso em: 03 set. 2015.

Uma lente pode possuir sua distância focal fixa, isto é, para cada captura em uma determinada distância focal é necessário a substituição manual da lente na câmera. Essas lentes são chamadas de Lentes Prime. No entanto, ela pode ser variável, onde, através de um mecanismo controlado por um anel externo, é possível aproximar ou distanciar os elementos na lente gerando uma distância focal menor ou maior respectivamente. Essas lentes variáveis são chamadas Lentes de Zoom.

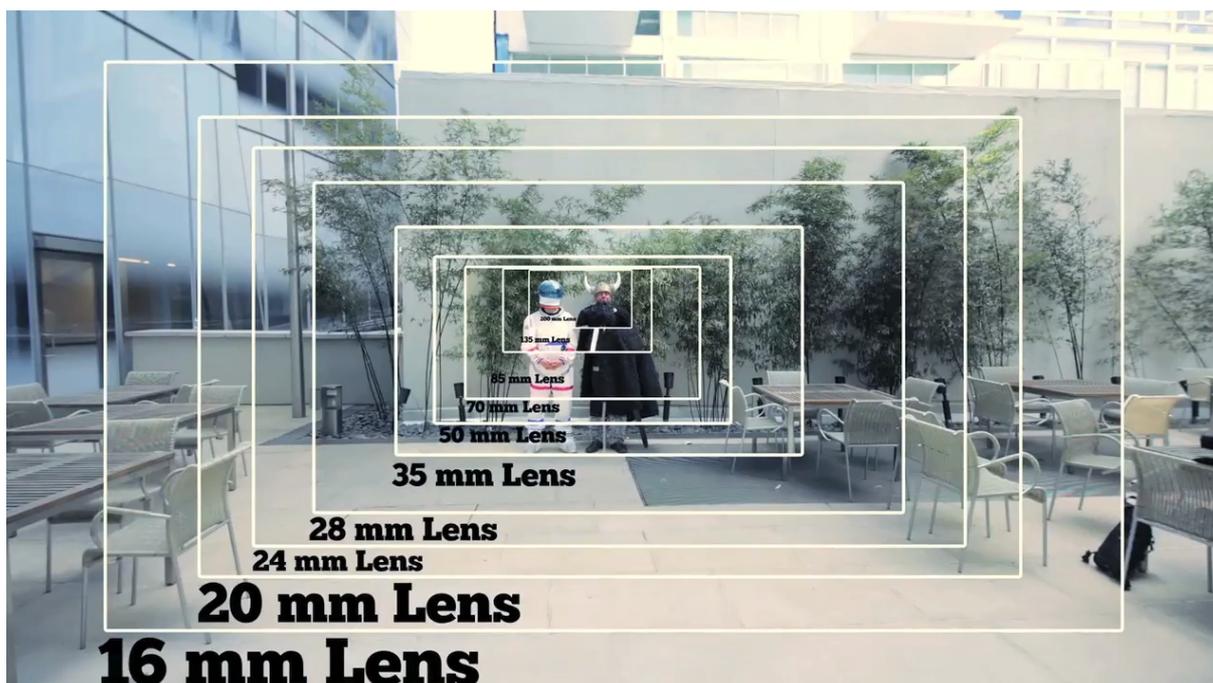


Figura 22 - Comparação das imagens capturadas com diferentes lentes.

Fonte: Vimeo video school. BEHIND THE GLASS PART 1. Disponível em: <<https://vimeo.com/27582408>>. Acesso em: 03 set. 2015.

3.3.4 Profundidade de campo

Profundidade de campo refere-se à parte da imagem que está em foco. Uma profundidade de campo profunda permite que os elementos em frente e ao fundo estejam em foco, enquanto uma profundidade de campo rasa permite que apenas uma área esteja em foco.

A profundidade de campo é controlada pelo diafragma diretamente na lente, através de um anel externo. A unidade de medida é o *F-stop*, que descreve o tamanho de abertura desse diafragma. A FIG. 23 ilustra os níveis de abertura e seus respectivos *F-stops*, indo do $f/2$ ao $f/22$. Numericamente, quando menor o

denominador do *F-stop*, maior será a abertura do diafragma e a quantidade de luz a atingir o sensor (o oposto é verdadeiro: maior o denominador do *F-stop*, menor será a abertura do diafragma e a quantidade de luz a atingir o sensor).

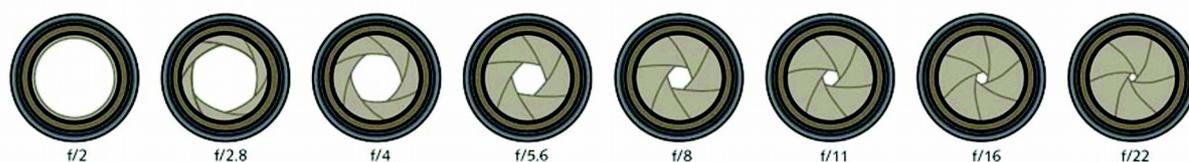


Figura 23 - F-stops do diafragma.

Fonte: Manual básico de fotografia #UTF10anos. Disponível em: <<http://10anos.utfpr.edu.br/?p=161>>. Acesso em: 11 nov. 2015. (Editado pelo autor).

Para o *Matchmover* é importante ter conhecimento sobre a profundidade de campo, pois esta propriedade afeta diretamente a imagem gravada pela câmera, ao dar a possibilidade de focar ou não os elementos em cena. Muitas vezes, caberá ao diretor a palavra final na escolha e aplicação criativa do foco e desfoco em um filme. Mas pensando nas dificuldades e contratempos de se rastrear uma cena desfocada, o uso controlado deve ser sempre ponderado.



Figura 24 - Comparação visual dos F-stops.

Fonte: Manual básico de fotografia #UTF10anos. Disponível em: <<http://10anos.utfpr.edu.br/?p=161>>. Acesso em: 11 nov. 2015

3.4 MEDIÇÕES DOS CENÁRIOS E LOCAÇÕES

Essa etapa consiste na medição dos elementos cênicos que se encontram dispostos no ambiente da cena que será filmada, desde uma cadeira a uma casa. Essas informações obtidas serão a referência para a construção do ambiente digital tridimensional gêmeo àquela da cena.

O melhor conselho que eu posso dar quando você estiver na locação de filmagens é medir tudo. Quanto mais medições você tiver, melhor. Você deve mensurar todos os objetos relevantes que possam interagir com algum elemento em CG e até aqueles objetos que não irão. Você nunca saberá quando o diretor irá de repente mudar de ideia. (DOBBERT, Tim. 2005 p.162. Tradução nossa).

O técnico de *matchmoving* deve ser rápido e eficiente na obtenção dessas informações, pois uma locação de filmagem é um ambiente corrido e concentrado. Diversos profissionais se preparam da melhor forma para deixar a cena pronta para ser filmada o mais rápido possível, uma vez que os equipamentos e locações de uma filmagem costumam ter aluguéis e custos baseados por hora/uso (além, é claro, dos salários dos profissionais envolvidos). Assim o técnico de *matchmoving* costuma fazer desenhos em rascunhos de forma rápida com as indicações de medições de determinados objetos. Ele também rabisca mapas e diagramas com a disposição dos elementos de cena de modo global, para obter suas relações espaciais, além de tirar fotos desses ambientes para futuras referências.

Para o estudante do CAAD, esse processo de obtenção de informações referenciais e medições pode ser um processo com menos pressão do que para os profissionais, uma vez que o aluno tem mais controle sobre sua própria produção. Dessa forma, ele pode obter as referências que precisar no tempo de produção, levando em consideração o cronograma adequado à duração da disciplina ou do projeto de graduação. Porém, a precisão dessas informações deve ser como a dos profissionais, pois, quanto mais acurado esses dados, mais precisos serão os modelos digitais e suas proporções, proporcionando uma melhor integração entre a filmagem e os elementos digitais.

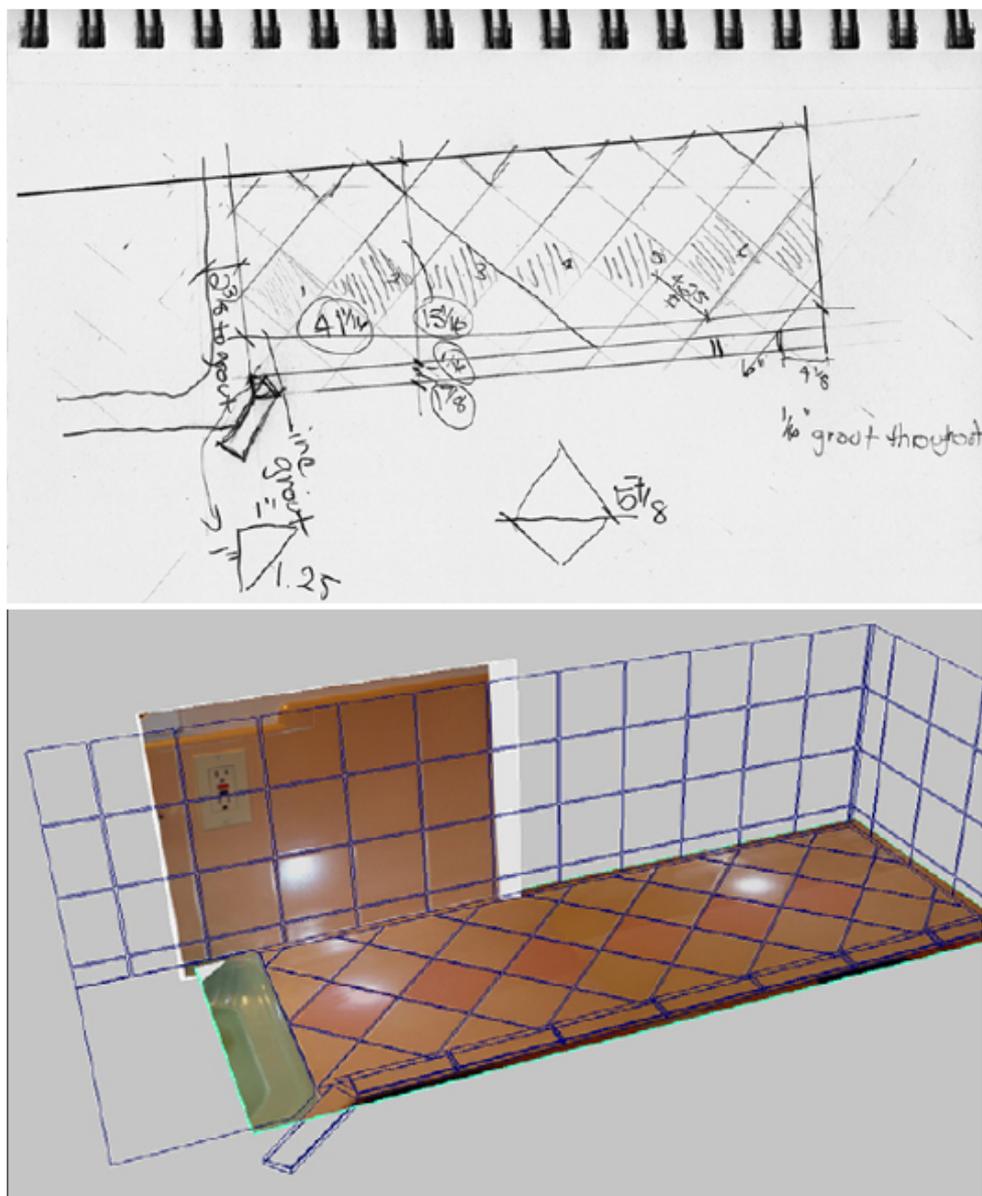


Figura 25 - Rascunho do cenário.

Acima, o rascunho das medidas do cenário durante as filmagens. Abaixo, esse cenário reconstruído digitalmente e baseado nas informações acima.

Fonte: HORNUNG, 2010 p.3.

Além das medições dos elementos de cenas, também são recolhidas informações sobre a câmera utilizada para filmar a cena. Essas informações podem ser recolhidas em três etapas, segundo Tim Dobbert (2005):

- (a) Antes da tomada: Nesse momento devem-se obter dados sobre a marca e modelo da câmera (pois é possível obter informações sobre os aspectos técnicos online) e em que suporte está instalada. Isto é, se a

Por fim um, último dado essencial ao *matchmoving* é a grade de distorção da lente. A FIG. 27 ilustra uma grade que é filmada pela câmera com a lente que será utilizada na filmagem da cena, pouco antes da cena ser filmada efetivamente. Esta grade, quando capturada pela câmera, indicará visualmente o grau de distorção das linhas retas da grade que são causadas pelas propriedades da lente. Com essa informação de distorção da lente, é possível produzir um *matchmoving* preciso, uma vez que o programa saberá calcular a variação das marcações rastreadas em relação ao objeto real rastreado. A informação da distorção também permite integrar os elementos digitais de maneira mais crível, pois os elementos podem ser distorcidos pelo mesmo fator da lente que filmou a cena real, ou a cena real pode ser distorcida inversamente para integrar com os elementos digitais.

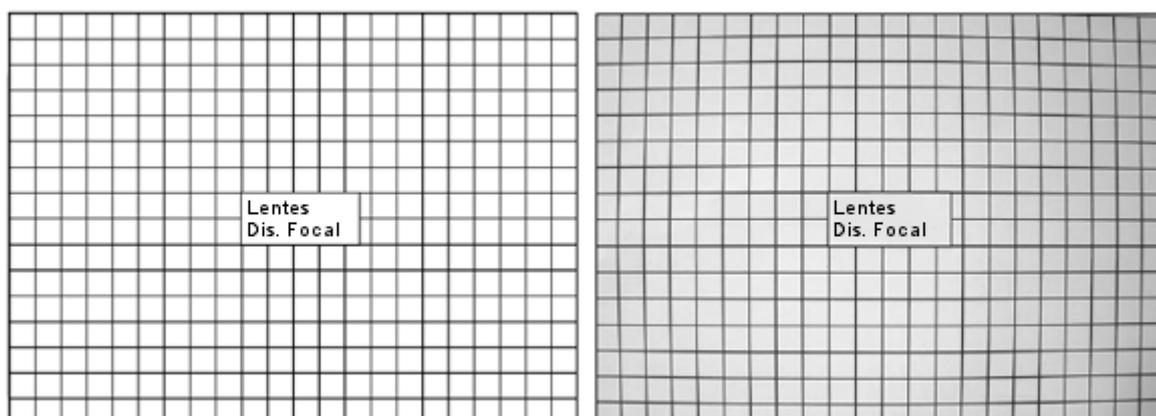


Figura 27 - Grade de distorção antes e depois de capturado por uma lente 28 mm.
Fonte: DOBBERT, 2005 p.173.

4 PÓS-PRODUÇÃO

O processo de *matchmoving* comumente tem seu desenvolvimento no início da pós-produção.

Isso ocorre porque os animadores e diretores técnicos precisam saber exatamente onde posicionar seus personagens, explosões etc., e eles precisam de uma câmera na qual olharão e renderização¹ seus objetos. Em cronogramas apertados, o técnico de *matchmoving* pode ser pedido para criar cenas temporárias com câmeras com movimentos aproximados, de modo que os diretores técnicos e animadores possam iniciar seus trabalhos preliminares e testes enquanto o artista de *matchmoving* finaliza seu trabalho (DOBBERT, Tim. 2005 p.10. Tradução nossa).

No fluxo de trabalho, o técnico de *matchmoving* entrega sua produção para o animador ou diretor técnico. Porém, os dados obtidos no processo poderão ser, também, usados por outros departamentos, conforme ilustra a FIG. 28.

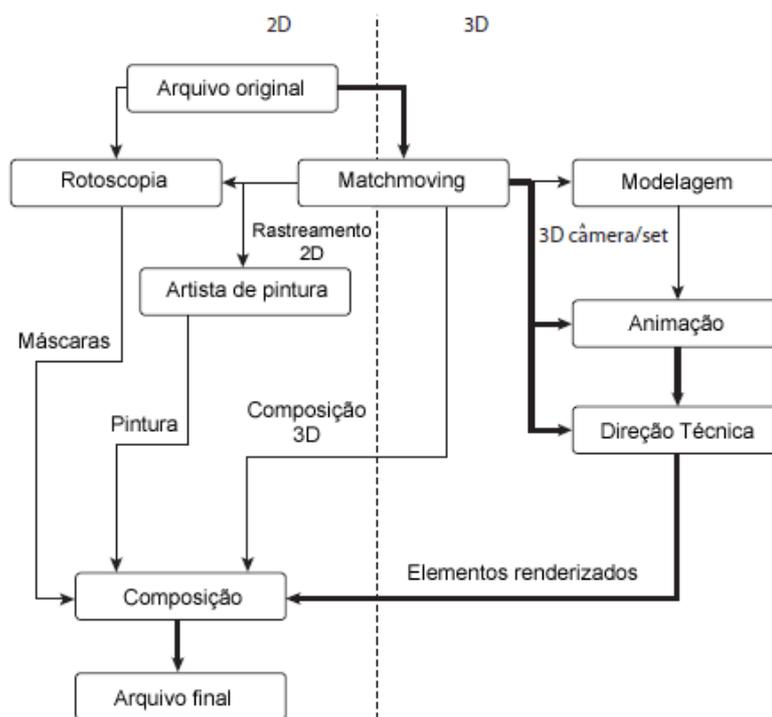


Figura 28 - Fluxo de trabalho do matchmoving na pós-produção.
Fonte: DOBBERT, 2005 p.11 (Tradução nossa).

1 - Para Alberto Lucena Júnior (2002), a renderização (acabamento) da imagem não envolve “somente o cálculo da luz – inclui [também] desde a disposição dos elementos da cena, a eliminação de linhas e superfícies ocultas, transformação, perspectiva, até chegar à apresentação final da imagem numa grade de *pixels*”.

Para o estudante do CAAD, esse fluxo de trabalho permanece o mesmo, uma vez que a ordem das tarefas ilustradas na FIG. 28 hierarquicamente permanecem inalteradas. A diferença será na qualidade de mão-de-obra disponível e na simultaneidade nas funções desempenhadas pelo estudante.

4.1 O PROCESSO DE *MATCHMOVING*

O técnico de *matchmoving* tem por função obter, a partir da sequência de imagens bidimensionais, o mundo tridimensional que aquela cena representa. Essa etapa produtiva é subdividida no fluxo de trabalho da FIG. 29:

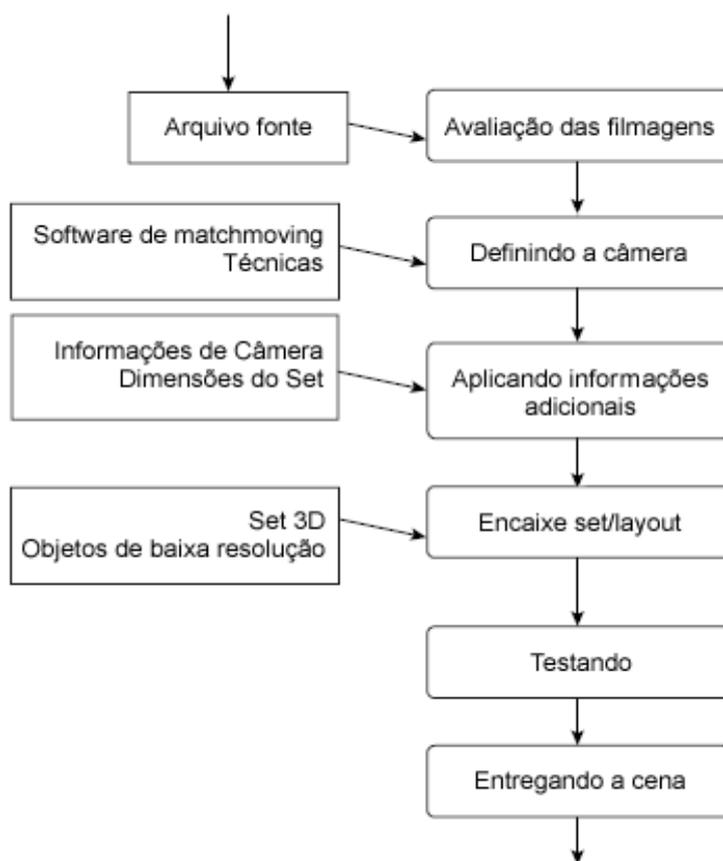


Figura 29 - O processo do *matchmoving*.

A primeira atividade a partir do arquivo-fonte de filmagem é a avaliação. Nessa etapa, o técnico deve observar atentamente e fazer as seguintes perguntas, segundo Tim Dobbert (2005):

- (a) O que a câmera aparenta fazer? Ela está se movendo? Se sim, como? Ela está fixa ou fazendo panorâmica? Quão rápido é o seu movimento?
- (b) O que está visível na tomada? Existem marcações para rastreamento? Existe algo obstruindo essas marcações?
- (c) Qual o formato do arquivo de filmagem? DV? HD? Existe compressão nesse arquivo? Existem grânulos ou ruídos nas imagens?
- (d) O que precisará ser inserido na tomada? Quão acurado é preciso ser?

A partir dessas questões, o técnico estará atento às peculiaridades que cada cena contém e, desse modo, estará mais bem preparado para iniciar a sua tarefa.

Após a avaliação da cena, a etapa seguinte consiste na definição da câmera digital, ou seja, é a etapa onde o técnico define as marcações a serem rastreadas na sequência de imagens, de modo a indicar ao software a relação de movimento da câmera com os itens contidos na cena. O software, a partir dessas informações, acompanhado das informações adicionais que são acrescentados iterativamente, como as propriedades da câmera (distância focal, lentes, sensor etc.) e as medições da locação de filmagens (altura da câmera, tamanho dos elementos cênicos e suas proporções), e através da fotogrametria, cria a câmera digital, seu movimento, a nuvem de pontos referentes às marcações rastreadas no espaço tridimensional.

O processo de *matchmoving* é a busca da relação entre o ambiente e a câmera. Assim o técnico, após ter criado a câmera digital e a nuvem de pontos, deverá testar a precisão do movimento dessa câmera e as proporções. Ele faz isso através da criação de objetos 3D de baixa resolução. O técnico modela esses objetos, de modo a encaixar com o ambiente, para poder verificar o movimento da câmera e sua precisão em relação ao movimento da filmagem real. Essa etapa é muito importante, pois um *matchmoving* mal executado costuma evidenciar a desconexão entre as filmagens reais e os elementos digitais.

A etapa final no processo de *matchmoving* é a entrega da cena. No fluxo de trabalho, a cena recriada pelo técnico de *matchmoving*, que contém o movimento da câmera e modelos de referências de volume e espaço, é então entregue aos outros

artistas que farão dessa cena a referência para seus trabalhos. Por exemplo, o animador, que animará seu personagem no ambiente da cena, ou o artista de efeitos visuais, que simulará uma explosão interagindo com os itens dessa cena, recebem o trabalho produzido como guia pelo técnico de *matchmoving*.

Após essas etapas, executadas com precisão e qualidade, o trabalho do técnico de *matchmoving* está concluído.

4.2 ALGUNS SOFTWARES

4.2.1 3D Equalizer

O 3DEqualizer é um completo e dedicado software de *matchmoving*. Desenvolvido e mantido pela Science-D-Visions, é atualmente o software mais utilizado pelas empresas nas produções cinematográficas contemporâneas. Sua obtenção pode ser feita através de assinaturas mensais (U\$ 149,00) ou permanente (U\$ 4999,99).

Mais informações pelo site: <https://www.3dequalizer.com>

4.2.2 Matchmover

Matchmover é um software dedicado de *matchmoving* da Autodesk, atualmente em descontinuidade. Porém, ainda sendo distribuído em um pacote, junto a outros produtos da empresa como os softwares 3Ds MAX e Maya. Originalmente desenvolvida pela REALVIZ, uma empresa focada em tecnologias que faziam pontes entre 2D e 3D (modelagens baseadas em imagens, fotogrametria etc.), o Matchmover, assim como outros softwares da empresa, foram adquiridos pela Autodesk em 2008 e mantido em desenvolvimento até 2014, com o lançamento da sua última versão (esta que continua corrente).

Mais informações podem ser encontradas pelo site do produto: <https://apps.autodesk.com/MAYA/pt/Detail/Index?d=3330821554784584637&appLang=en&os=Win64>

4.2.3 Boujou

O Boujou é o software de *matchmoving* da Vicon, empresa do ramo da tecnologia com atuação nas áreas de rastreamentos e processamentos de imagens em tempo real. O Boujou é um dos softwares do arsenal da empresa, que também desenvolve tecnologia para captura de movimento (Mocap).

Atualmente na versão 5, o Boujou é um software proprietário. Mais informações pelo site: <http://www.vicon.com/products/software/boujou>

4.2.4 PFTrack

O PFTrack é um programa profissional de *matchmoving* amplamente utilizado pela indústria de efeitos visuais. Conhecido por ser o mais inovador da categoria, apresenta também grande flexibilidade, precisão e funcionalidade. Sua mantenedora é a The Pixel Farm, e seu preço de aquisição é em torno de U\$ 1649,00

Mais informações pelo site: <http://www.thepixelfarm.co.uk/pftrack/>

4.2.5 Mocha Pro

Principalmente utilizado para roscopia¹ o software Mocha Pro apresenta interessantes recursos de rastreamento e *matchmoving*. Ao iniciar pelo seu sistema de rastreamento denominado planar, ele se baseia em áreas de padrões de texturas em vez de rastreamento pontual por *pixels*.

Mocha Pro é mantido pela Imagineer Systems e mais informações podem ser encontradas pelo site: <http://www.imagineersystems.com/products/mocha-pro/>

1 - Rotoscopia é o processo de animação quadro a quadro com base em uma referência filmada, onde o desenho é sobreposto seguindo o contorno e movimento das figuras e elementos contidos nesta filmagem. Atualmente na indústria de efeitos visuais digitais esse processo é muito utilizado para a criação de máscaras.

4.2.6 SynthEyes

Fornecido e mantido pela Andersson Technologies LLC, o SynthEyes é um completo e dedicado software de *matchmoving*. No mercado desde 2003, possui diversas funcionalidades e inovações. Em sua versão atual, já possui compatibilidade com a tecnologia de realidade virtual 360°.

Mais informações pelo site: <https://www.ssontech.com/>

4.2.7 Softwares de composição

O *matchmoving* também pode ser explorado em ferramentas não dedicadas ou integradas em um software primariamente 3D. Softwares de composições digitais utilizam-se dos recursos de rastreamento de marcações na filmagem para associar, apagar ou editar elementos da filmagem de forma fácil e eficiente. Alguns softwares apresentam essa função primariamente, já outros requerem *plugins* adicionais desenvolvidos por terceiros.

Alguns exemplos de softwares de composição são **Adobe After Effects** e **The Foundry Nuke**.

4.2.8 Voodoo

Voodoo Camera Tracker é um software não comercial desenvolvido para fins acadêmicos pelo Laboratório de Informação e Tecnologia da Universidade de Hannover (Alemanha). A permissão do software é garantida para utilização individual ou institucional, sendo permitido também sua divulgação e distribuição (uma vez referenciado os autores).

Informações pelo site: <http://www.viscoda.com/index.php/en/products/non-commercial/voodoo-camera-tracker>

4.2.9 Blender

O Blender é um software primariamente 3D mas que possui diversas outras funcionalidades práticas e interessantes que o tornam mais versátil que os softwares proprietários. Por ter uma abrangência muito grande de funções, desde modelagem, animação, composição, simulação etc., é possível produzir todo o conteúdo de um projeto visual e audiovisual sem a necessidade de trocar de softwares dedicados para cada atividade.

A implementação das funções de *matchmoving* ao *Blender* aconteceu a partir de um progresso gradual. Em 2011, o desenvolvedor Sergey Sharybin, em um acampamento de programação organizado pelo Google¹ criou um projeto, junto com uma equipe, denominado Tomato Branch. Nesse projeto, ele implementou os algoritmos da biblioteca do Projeto *libmv*² em uma versão inicial e simplista ao Blender. Essa biblioteca de algoritmos é hoje a base sólida, e em constante evolução, das funções de *matchmoving* do Blender. Sua maior evolução ocorreu em 2012, quando o Instituto Blender iniciou seu quarto projeto *Open Movie, Project Mango* (Projeto Manga), com o intuito de produzir um curta-metragem em *live-action* (depois denominado *Tears of Steel*), valendo-se do Blender e de outros softwares livres. Sendo primariamente financiado pelos usuários do Blender, a proposta dos projetos *Open Movies* é divulgar as capacidades do software, desenvolver e implementar novas ferramentas, aperfeiçoar funções existentes, fortalecer a comunidade de usuários, disponibilizar o material de produção gerado no filme e gerar conhecimento.

Com esse projeto, as funcionalidades de *matchmoving* foram melhoradas exponencialmente, por ser um requisito primordial para a técnica de inserção de elementos digitais às filmagens. Com a integralização nativa das funcionalidades associada às funções 3D já existentes no Blender, abriu-se então um potencial criativo muito grande aos usuários da ferramenta. Ainda em 2012, os usuários já puderam experimentar da novidade.

Nos anos seguintes, foram sendo criados materiais educacionais (a maioria

1 - Google Summer of Code: Evento organizado anualmente pela Google para programadores, grupos e entidades mantenedoras de softwares de codificação livre.

2 - Libmv (Library for Multiview Reconstruction): É uma biblioteca de algoritmos (de código livre) de reconstrução 3D a partir da utilização de imagens.

em inglês) para o *matchmoving*, que está em constante evolução técnica com melhoramentos de algoritmos, agilidade e interface a cada nova versão.

4.3 RASTREAMENTO DE CÂMERA UTILIZANDO O BLENDER

Os passos para execução do *matchmoving* utilizando o *Blender* como ferramenta principal de trabalho consistem, de forma simplificada, em obter o software, importar o arquivo de filmagem, rastrear as marcações dessa filmagem, calibrar a câmera e, por fim, criar a cena em 3D.

4.3.1 Obtendo o *Blender* e configurando o arquivo de filmagem

A obtenção do *Blender* é feita de forma fácil e gratuita através do site de seu mantenedor, o Instituto *Blender*¹. Na página de Downloads, o estudante deverá escolher o software compatível com seu sistema operacional e realizar o download (simples como o clicar de um botão, não é preciso fazer nenhum cadastro e nem pagar nada).

A instalação do software é ainda mais simples: uma vez realizado o download do arquivo compactado (.zip), basta descompactá-lo no computador onde será realizado o trabalho. A pasta a ser gerada conterá todos os arquivos necessários para o *Blender* ser executado. Dessa forma, quando for preciso excluir o *Blender*, basta apenas excluir essa pasta.

As funcionalidades de *matchmoving* foram adicionadas ao *Blender* a partir de sua versão 2.62. Desse modo, o estudante ou técnico de *matchmoving* deverá obter esta versão, ou superior, para poder usufruir das funcionalidades oferecidas (a versão utilizada neste texto para exemplificação das técnicas é a 2.77).

Uma vez instalado o *Blender* no computador, o primeiro passo é executá-lo. Para isso, basta clicar duas vezes o arquivo **blender.exe** contido na pasta descompactada.

1 - <http://www.blender.org>

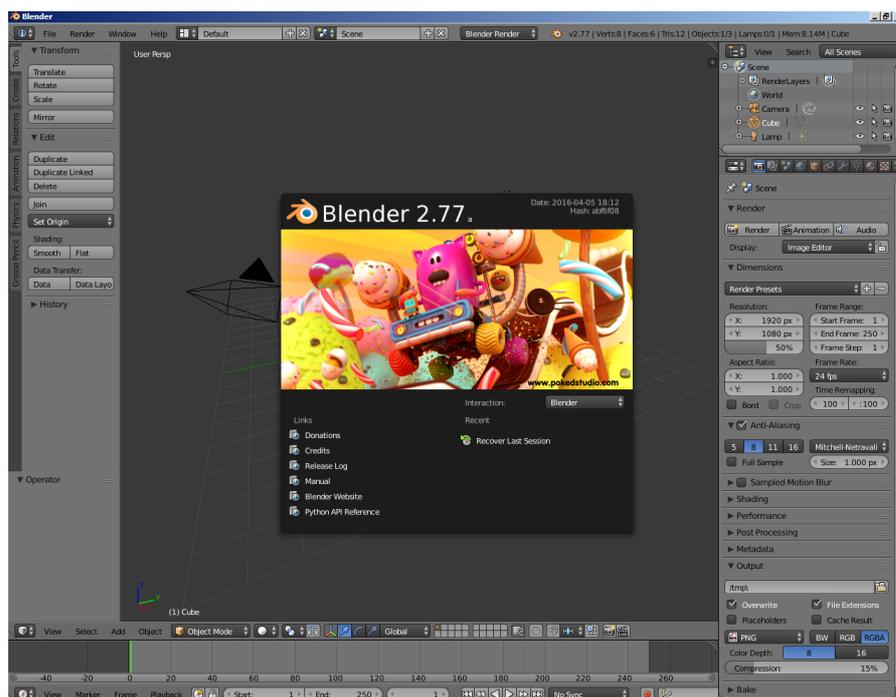


Figura 30 - Interface do Blender 2.77

A tela inicial se abrirá apresentando sua **Splash Screen** e a interface de trabalho como o **Default**. Para iniciarmos o trabalho de *matchmoving*, primeiramente, precisamos modificar o espaço de trabalho para o modo **Motion Tracking**. Para fazermos isso, iremos ao cabeçalho e, através do menu **Screen Layout**, escolheremos a opção **Motion Tracking** (FIG. 31). Feito isso, o *Blender* mudará a disposição da tela e apresentará as janelas e recursos essenciais ao *matchmoving*.

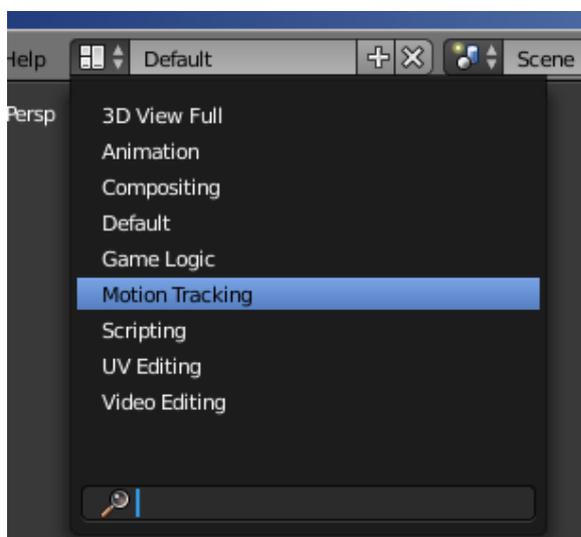


Figura 31 - Modificando o espaço de trabalho.

Continuando, precisamos agora importar a sequência de imagens da cena em que o *matchmoving* será aplicado. Na barra inferior da janela, **Movie Clip Editor**, clicamos no botão **Open**. Na janela seguinte, navegamos pelo diretório do computador até encontrarmos a pasta onde nossa cena está contida. O arquivo a ser utilizado poderá ser tanto um trecho de vídeo ou uma sequência de imagens estáticas, sendo o *Blender* capaz de trabalhar com ambas mídias. Porém, a fim de aumentar desempenho computacional e o ganho de agilidade, é aconselhável o uso da sequência de imagens estáticas. Isso ocorre porque, ao utilizar as imagens, adiantaremos um passo no processamento interno do *Blender* que teria que desmembrar cada quadro do vídeo internamente para trabalhar neste isoladamente. O único aviso importante, como descrito no tópico 3.3.1, é estar atento à propriedade e qualidade da mídia utilizada (resolução, detalhes etc.).

Nesse exemplo, utilizaremos uma sequência de imagens disponibilizada, via *Creative Commons*, pelo Instituto *Blender* para exercício prático em seu DVD educacional especializado sobre o assunto, "*Track, Match, Blend!*" de autoria de Sebastian Koenig.

Uma vez que a sequência for importada, será possível navegar por ela através da janela **Timeline**, movendo o cursor verde pelo tempo. Esta janela também será o espaço onde executaremos, pausaremos ou navegaremos quadro a quadro pela sequência. Por fim, a janela **Timeline** também será o lugar onde configuraremos a extensão do clipe, indicando o seu início e fim, modificando o campo **Start** e **End** respectivamente.



Figura 32 - A extensão dessa sequência é 170 quadros

O passo seguinte é um processo importante no quesito: desempenho da tarefa. Nesta etapa, solicitaremos ao *Blender* que armazene internamente as imagens da sequência na memória RAM do computador, para que possamos visualizar o trabalho em tempo real e de modo não truncado.

Para se realizar esse passo, devemos ir ao painel esquerdo da janela **Movie Clipse Editor**, sob o sub-painel **Clip** e clicar no botão **Prefetch** (ou pelo atalho P).



Figura 33 - Armazenamento interno das imagens na memória RAM.

Ao clicarmos nesse botão, o *Blender* processará a sequência de imagens e os armazenará na memória. Esse processo é visualizado através da barra roxa inferior, sendo o roxo transparente os quadros ainda não armazenados e o roxo opaco os quadros já processados.

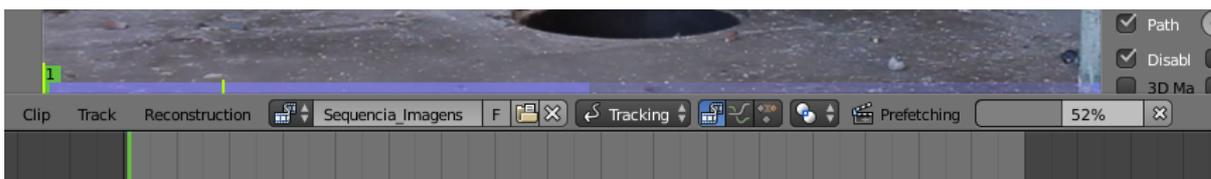


Figura 34 - Processo em andamento.

Esta ação obterá êxito, caso o computador utilizado tenha memória RAM suficiente para armazenar todas as imagens. Se o computador tiver pouca memória RAM, o *Blender* então armazenará parcialmente a sequência. Caso o computador possua bastante memória e, mesmo assim, o *Blender* execute a tarefa apenas em parte, será preciso então configurar a quantidade de memória disponível ao uso do *Blender*. Isto é feito no cabeçalho, no menu **File**, opção **User Preferences**.

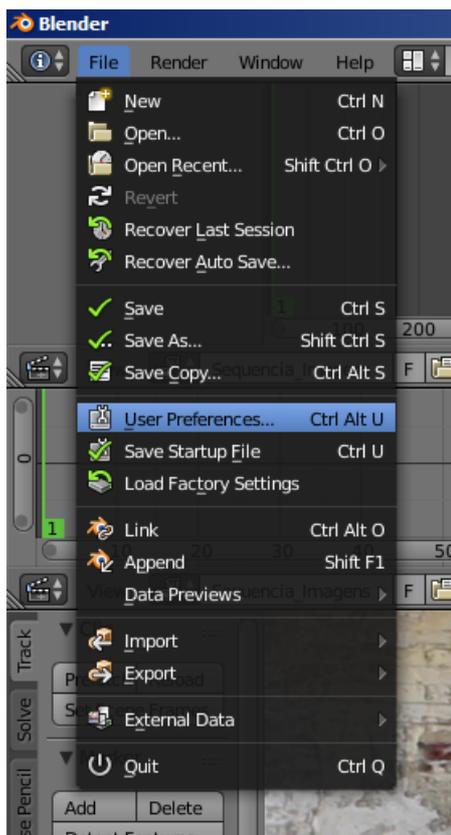


Figura 35 - Preferências do Usuário.

Na aba **System**, na opção **Memory Cache Limite**, configura-se o quanto de memória será disponibilizado para o *Blender* trabalhar.

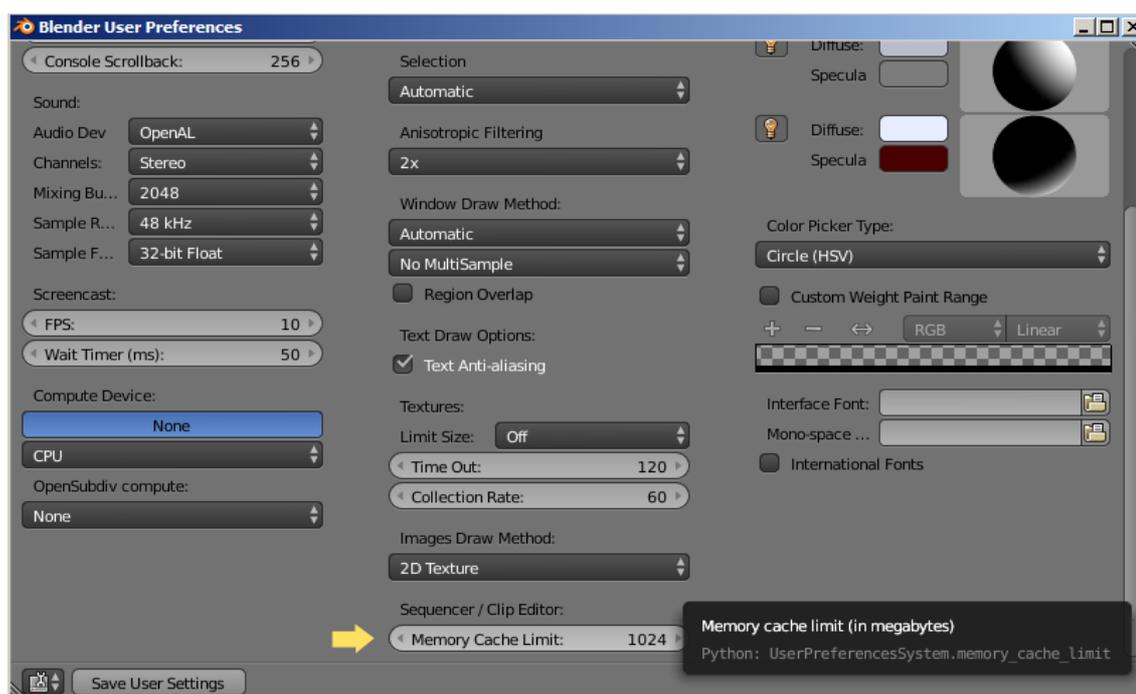


Figura 36 - Configurando a quantidade de Memória RAM.

4.3.2 Avaliação da sequência de imagens

Com a sequência de imagens dentro do *Blender* e sua visualização disponível, podemos iniciar o processo de avaliação da cena filmada. Esse primeiro passo consistirá, como descrito no tópico 4.1 (p. 46), da solução das perguntas sobre a sequência de imagens. As mais importantes nesse momento são: se há marcações (naturais ou sintéticas) disponíveis para o rastreamento e se há paralaxe (isto é, a mudança da perspectiva causada pela mudança do ponto de vista). Se considerarmos que o processo de criação dessas imagens foi feito pelo estudante ou profissional que considerou essas perguntas de antemão, então a sequência de imagens possui os atributos mínimos necessários para o desenvolvimento completo do trabalho, podendo então prosseguirmos para a etapa seguinte.

4.3.3 Rastreamento 2D

O rastreamento 2D consiste na identificação e rastreamento dos marcadores da sequência de imagens de uma cena. A fim de fornecer ao software as informações de movimento da câmera, para que este possa obter suas propriedades e movimentação e transpor para câmera digital.

O ator primordial na fase de rastreamento é o Rastreador (**Marker** no *Blender*, em outros softwares é também conhecido como **Tracker**). Ele será o elemento que seguirá as marcações (naturais ou sintéticas) indicadas pelo usuário, obtendo assim as informações bidimensionais que serão utilizadas pelo software para obtenção das informações tridimensionais dessa cena.

Para navegarmos pela imagem, utilizamos as seguintes funções, e seus respectivos atalhos: **Zoom** (Scroll do mouse), **Pan** (Botão do meio do mouse), **Seleção dos rastreadores** (Botão direito do mouse), **Seleção em caixa** (B) e **Seleção em Brush** (C).

A inclusão dos rastreadores na imagem poderá ser feito de duas formas: a primeira consiste no clique de um botão e a segunda em um clique do mouse acompanhado de um atalho. A seguir, a primeira opção:

Através do sub-painel **Marker**, no menu esquerdo, clicamos no botão **Add**, e, em seguida, posicionamos o mouse sobre a marca, a qual rastreamos na imagem, e clicamos com o botão esquerdo do mouse.

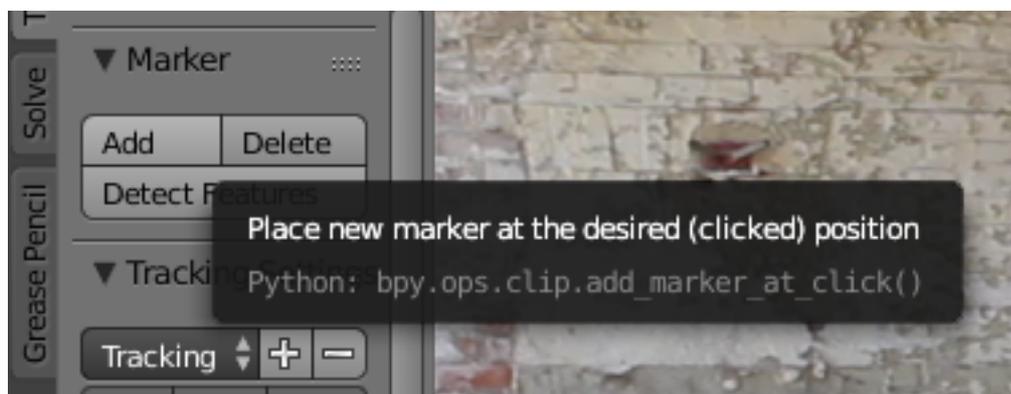


Figura 37 - Inserção de um rastreador.

A segunda forma de se adicionar um rastreador, é mais rápida, e consiste no clique com o **Botão Esquerdo do Mouse** na marca a ser rastreada, juntamente com o **Ctrl** pressionado em conjunto.

As duas formas inserirão um novo rastreador na imagem na posição desejada. Caso a posição não seja a desejada, podemos modificá-la simplesmente selecionando o rastreador com o botão direito do mouse e, em seguida, pressionando **G** e movendo o mouse para nova localização (e finalizando com o clique do botão esquerdo do mouse). Essa técnica de mover o rastreador de posição será também utilizada quando o rastreador se perder da marca original, durante o processo de rastreamento original.

Outras funções associadas à manipulação do rastreador também incluem **Rotação** (Atalho R), **aumento ou diminuição da escala** (S), **trancamento da visualização do rastreador no centro da tela** (L), **destrancamento do rastreador do centro da tela** (Alt + L), e **exclusão** (X ou delete).

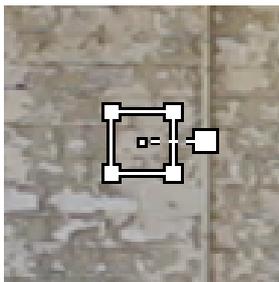


Figura 38 - Rastreador.

Para iniciarmos o rastreamento da marca, uma vez já inserido e selecionado o rastreador sobre esta, recorreremos às funções do sub-painel **Track** no painel esquerdo (FIG. 39).

Com essas funções, é possível comandar o rastreador para rastrear a marca de sua posição atual na **Timeline** até o fim da sequência (para frente), ou de sua posição atual até o início da sequência (para trás). Não é preciso estar no primeiro quadro da sequência de imagens para iniciarmos o rastreamento. É possível também rastrear uma marca quadro a quadro, sendo esta função muito utilizada quando a sequência de imagens é problemática, apresentando interferências sobre a marca rastreada (obstrução ou fora de foco). Por fim, podemos limpar, redefinir ou unir o trajeto de um rastreador ou mais rastreadores, a partir do ponto em que se encontram na sequência.



Figura 39 - Sub-painel Track.

É aconselhável rastreamos apenas uma marca por vez, em um processo manual, pois dessa forma o computador não é sobrecarregado e podemos assim observar e analisar com cuidado o desempenho de cada rastreador. Um rastreador seguirá a marca desejada enquanto o padrão visual desta se mantiver. Quando a marca não for mais legível, de acordo com a sensibilidade do rastreador, o rastreamento pára naquele ponto da sequência, cabendo ajustar o rastreador na posição da marca e o reacionamento do rastreamento.

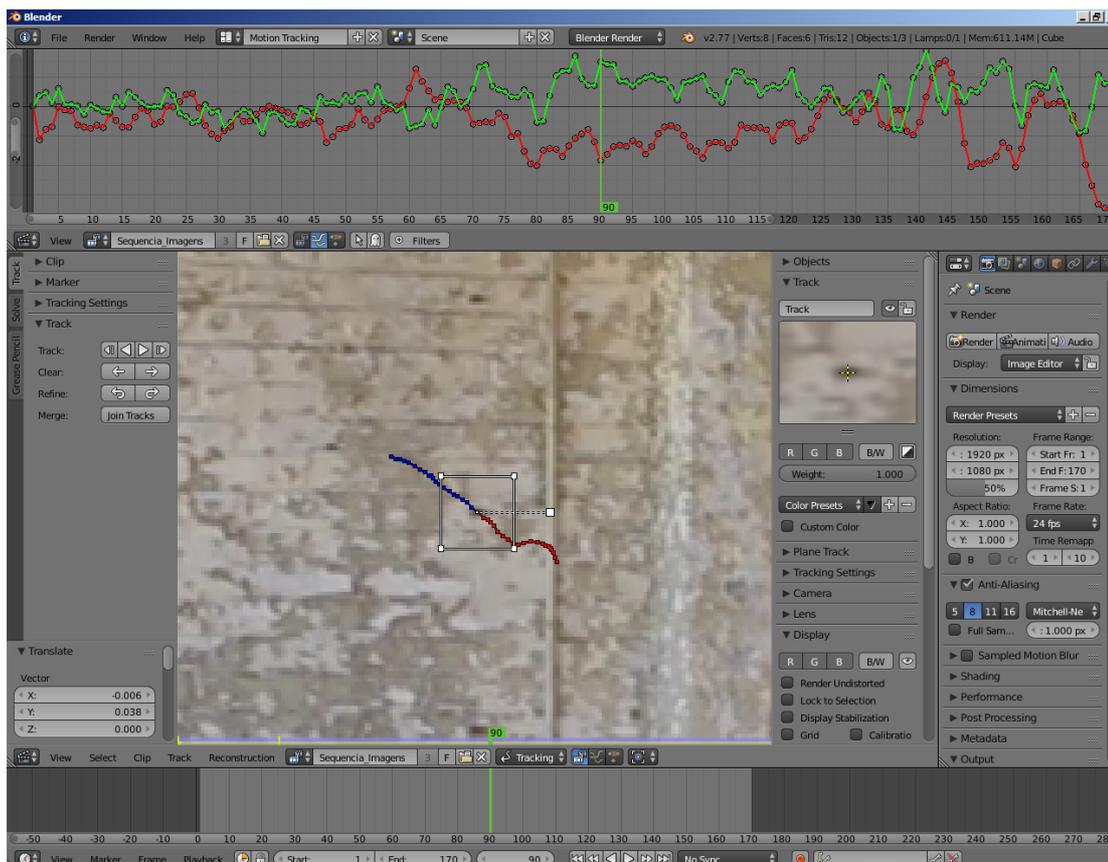


Figura 40 - Rastreador em ação.

Esse processo de rastreamento se tornará fácil, uma vez que as marcas na sequência de imagens sejam visivelmente identificáveis. Por isso, a dedicação a elas durante a fase de Produção não é desperdício de tempo.

Para um trabalho efetivo, devemos fazer o rastreamento em todas as marcas que for necessário, cobrindo todas as alturas, larguras, e comprimentos do espaço visual das imagens, de modo a fornecer ao *Blender* uma visão clara do espaço tridimensional do ambiente cênico. Como indicado no capítulo 1, são necessários de sete a doze rastreadores para que o software possa cumprir seu dever. No *Blender*, em específico, o número mínimo de rastreadores são oito. Mas isso não nos impede de poder adicionar mais e melhores rastreadores de modo a fornecermos mais informações. Porém, devemos levar em consideração que um rastreador impreciso pode atrapalhar tanto, ou mais, quanto um rastreador incompleto (um rastreador que não percorre a sequência em seu total) ou nenhum rastreador. Ou seja, devemos equilibrar a quantidade e a qualidade dos rastreadores, de modo a beneficiar e não atrapalhar o trabalho de *matchmoving*.

As melhores marcas (naturais ou sintéticas), para um rastreamento bem-sucedido, podem ser quinas com angulações agudas, padrões visuais com grande contraste em relação ao seu entorno e marcações que não se distorcem ou movam independentemente. Deve ser evitado padrões com cores semelhantes (sem contraste), linhas retas (pois o rastreador tenderá a escorregar pela marcação), marcadores obstruídos ou borrados, reflexos e, por fim, pontos luminosos causados por brilho.



Figura 41 - Marcações.

Uma vez rastreado todo o campo visual da imagem por toda extensão da sequência (FIG. 42), com rastreadores de qualidade, passaremos à etapa seguinte que consiste na **Calibração 3D** da cena. Essa etapa, como descrita a seguir, será muitas vezes iterativa com esta etapa de rastreamento. Isto é, uma vez acionado a calibração, obteremos uma taxa de erro do *matchmoving*. Caso esta taxa não esteja abaixo do desejado, teremos que re-rastrear marcações ou excluir rastreadores problemáticos. Isso será feito em ciclo até obtermos a precisão esperada.



Figura 42 - Campo visual rastreado.

4.3.4 Calibração 3D (Solução da Câmera)

O rastreamento 2D providencia os dados, mas a calibração 3D providencia a solução. Calibrando ou solucionando a câmera é um sofisticado jeito de dizer que estamos determinando todos os atributos da câmera (posição, rotação, distância focal etc.) (DOBBERT, Tim. 2005 p.71. (Tradução nossa).

Uma vez rastreado todas as marcas da imagem, o passo seguinte consiste na calibração 3D, ou também conhecida como Solução da Câmera. Nessa etapa, o *Blender* internamente triangula os rastreadores e suas trajetórias, identifica suas posições espaciais 3D referenciais e também obtêm as informações sobre a câmera, incluindo sua movimentação e propriedades.

A Solução no *Blender* é feita através da aba *Solve* do painel à esquerda da janela **Movie Clip Editor**. No sup-painel **Solve**, antes de clicarmos no botão **Solve Camera Motion**, precisamos identificar no Blender qual período da sequência que apresenta mais paralaxe. Isto é, em quais quadros a câmera apresenta maior

movimentação qualitativa, que é o movimento que mais apresenta mudança de perspectiva e informações espaciais (relação de distância entre os pontos próximos e os mais afastados).



Figura 43 - Sub-painel Solve.

Já tendo indicado o quadro inicial e final do período, nos campos **Keyframe A** e **Keyframe B** respectivamente, podemos clicar no botão **Solve Camera Motion** e iniciar a solução. Lembrando que esta etapa de calibração é um processo iterativo, onde a lapidação dos dados gerados será necessária até obtermos a solução adequada para executar o matchmoving. Dependendo da capacidade do computador, do tamanho da sequência de imagens e a qualidade destas, o procedimento pode levar até alguns minutos.

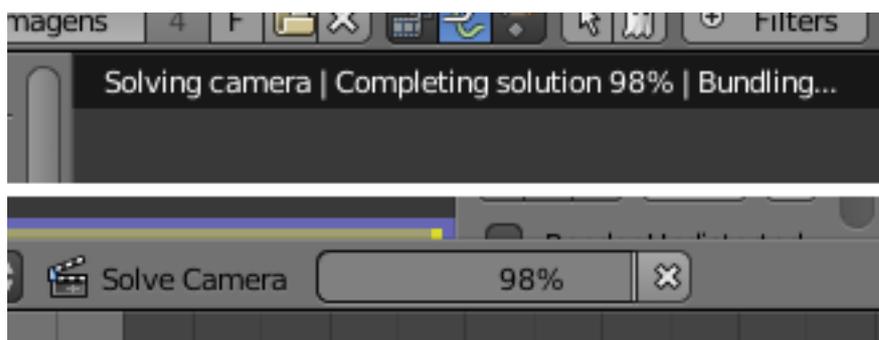


Figura 44 - Solução da Câmera em progresso: *Feedback* visual.

Uma vez solucionado, o *Blender* apresenta a Taxa de Erro na barra inferior da janela **Movie Clip Editor**. É com ela que nos basearemos para continuarmos refinando a solução obtida.

Essa taxa de erro, podendo ser também chamada de Resíduo (Residual), refere-se à variação de quantos *pixels* os rastreadores estão da posição real da marca rastreada. Por exemplo, se a taxa de erro de uma solução é 5, isso significa que a câmera digital, e conseqüentemente, os elementos digitais inseridos nessa cena variarão 5 *pixels* da posição na qual deveriam estar, caso estivessem contido nessa cena.

O valor considerado excelente para a taxa de erro poderá variar, dependendo da exigência do projeto, da qualidade do arquivo de filmagem utilizado e dos marcadores na cena, bem como a quantidade de informações disponíveis sobre a câmera e as locações. Por isso, a regra é a seguinte: quanto menor a taxa de erro, melhor. Se a taxa for maior que 3 é necessário um maior refinamento. Taxa de erro entre 3 e 1 é considerado aceitável, mesmo havendo possibilidade de melhoramento. Taxa de erro menor que 1 é considerado perfeito.

É nessa fase de refinamento que o profissional demonstra suas habilidades técnicas, pois a palavra-chave do *matchmoving* é precisão e quanto menor a taxa de erro, melhor o resultado final obtido. E para obter uma taxa de erro menor, existem alguns processos adicionais auxiliares.

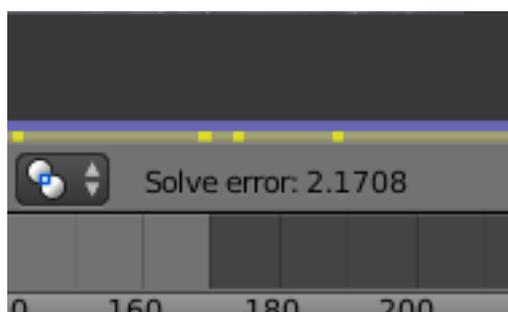


Figura 45 - Taxa de Erro considerado alta.

Dados sobre a Câmera: Esse é o momento de inserção dos dados sobre a câmera obtidos durante a gravação da cena. É possível inserir esses dados complementares no menu direito, nos sub-painéis **Camera** e **Lens**, e solicitar ao *Blender* que recalcule a solução da Câmera.

No sub-painel **Camera**, o Blender disponibiliza pré-configurações com as câmeras mais utilizadas no mercado. Basta clicar na lista **Camera Presets** e escolher o modelo da câmera. Caso o modelo não esteja nesta lista, as informações terão que ser inseridas manualmente nos respectivos campos.

No sub-painel **Lens**, temos o campo de distância focal e outras configurações sobre as distorções da lente utilizada. Relembrando que a distância focal altera de maneira visível a imagem, sua configuração deve ser correta para garantir assim uma calibração também correta e precisa.



Figura 46 - Sub-painéis Câmera e Lentes.

É importante considerar também que além, da inserção manual desses dados pelo usuário, o *Blender* possui internamente uma forma de obtenção automática. Isto é, indicado pelo usuário quais dos itens serão refinados, o *Blender* adivinha matematicamente as propriedades da câmera e lentes utilizadas, e, com essas informações, busca gerar uma melhor calibração.

Em determinadas situações, esse refinamento automático é melhor para a solução, pois permite a maleabilidade do software para encontrar o melhor resultado. Esse refinamento é feito no sub-painel **Solve**, na opção **Refine**. Nas opções, deve-se indicar quais variáveis o *Blender* deve refinar para auxiliar a solução.

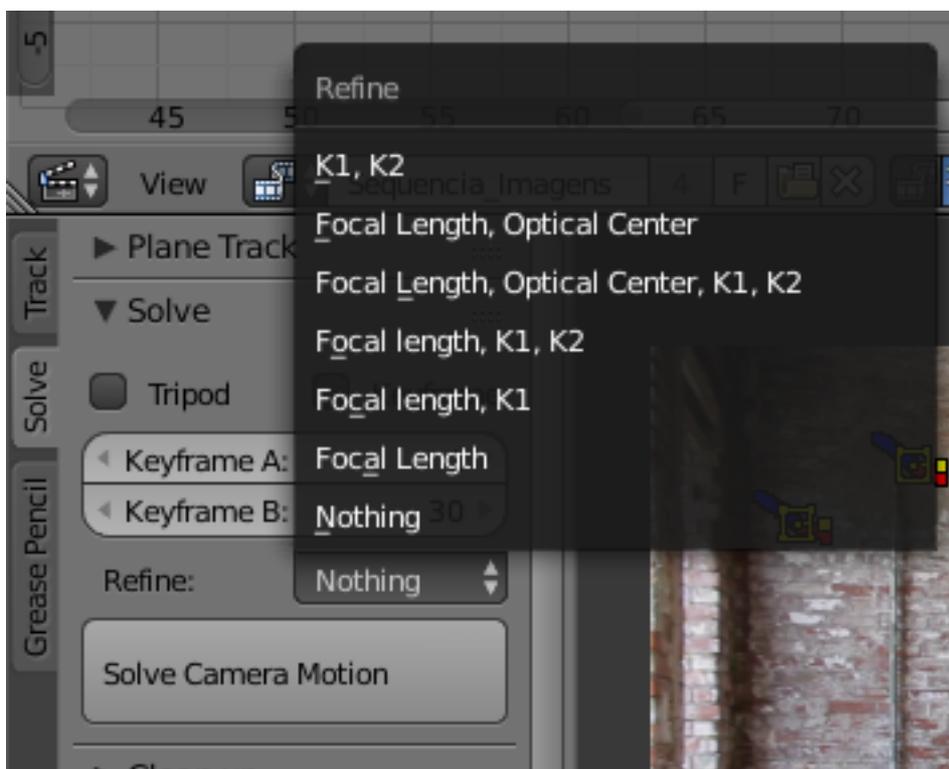


Figura 47 - Opções de refinamento interno automático.

Quando indicado as variáveis das opções Refine, e clicando novamente o botão **Solve Camera Motion**, a tendência é que a taxa de erro diminua. Se esta estiver dentro do parâmetro da excelência, a fase de Calibração da câmera será finalizada e o processo de *matchmoving* segue adiante. Porém, caso a taxa de erro continue alta, a seguir é listado outras maneiras de se refinar o resultado.

Rastreadores erráticos: outra forma de refinamento consiste na identificação dos rastreadores problemáticos e suas exclusões. Isso é realizado, de forma mais ágil, abrindo a janela de visualização de gráficos dos eixos X e Y (FIG. 48) e identificando as curvas que estão mais longe da tendência geral. A seleção deste gráfico se dá pelo botão esquerdo do mouse e a exclusão pelo delete do teclado. Após a exclusão dos rastreadores erráticos, é preciso solucionar novamente a câmera.

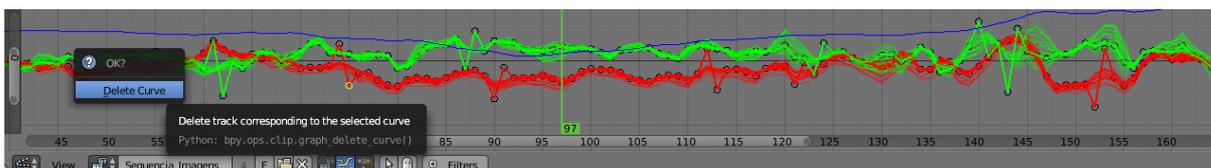


Figura 48 - Excluindo rastreadores erráticos.

Muitas vezes, com a exclusão de apenas um ou dois rastreadores erráticos, a solução já apresenta uma diminuição drástica da taxa de erro. Porém, mesmo refinando os dados da câmera e excluindo os rastreadores problemáticos, se a taxa de erro continuar alta é preciso considerar, então, uma última alternativa de solução do problema, que é o re-rastreamento da cena.

Re-rastreamento: Como o nome diz, consiste no rastreamento da cena novamente, porém desta vez escolhendo melhores e mais eficientes marcações. É preciso ponderar as características dos marcadores e ser feito melhores escolhas. O acúmulo de experiência prática tornará o técnico melhor e mais hábil nesta tarefa.

4.3.5 Geração da Cena 3D

Uma vez que a cena foi rastreada e a câmera calibrada (solucionada), chegamos na última etapa de responsabilidade do técnico de *matchmoving*, que consiste na geração da cena em 3D: a criação da câmera digital animada, acompanhada da nuvem de pontos da cena. Esta nuvem de pontos são representantes digitais posicionados no espaço 3D, correspondente na cena do rastreador 2D utilizado para seguir a marcação.

Por isso é interessante inserir alguns rastreadores estratégicos na cena a se rastrear, pois quando gerado a nuvem de pontos os representantes desses rastreadores surgirão na localização das marcações escolhidas, o que facilitará a reconstrução digital da cena (modelagem).

A geração da cena 3D no *Blender* é feita de forma simples. Tendo obtido a taxa de erro esperada, devemos ir à aba **Solve** do menu direito no sub-painel **Scene Setup**.



Figura 49 - Sub-painel Scene Setup.

O botão **Set as Background** configura automaticamente a filmagem usada para rastreamento como imagem de fundo para a visão câmera. E o botão mágico **Setup Tracking Scene**, quando acionado, fará o *Blender* gerar a câmera animada e a nuvem de pontos. Essa configuração de cena surgirá no espaço de trabalho 3D do Blender que é o **3D view**. Caso não o visualize de imediato, será preciso abrir uma nova janela e mudar no canto inferior esquerdo o **Editor Type** para **3D view**.

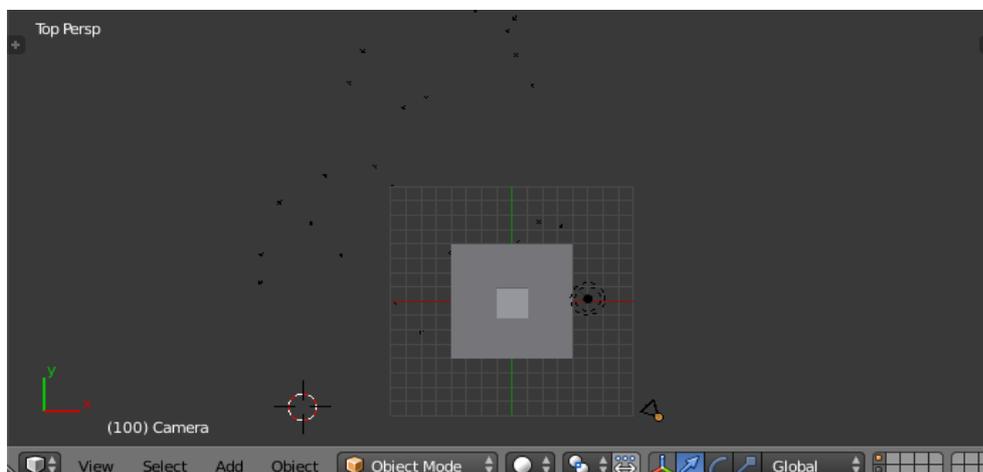


Figura 50 - Janela 3D view com visão superior da cena gerada.

Por mais rápido e eficiente que seja, a cena gerada ainda precisa de alguns ajustes e refinamentos com as configurações da orientação e escala. E isto é realizado através do sub-painél **Orientation**.

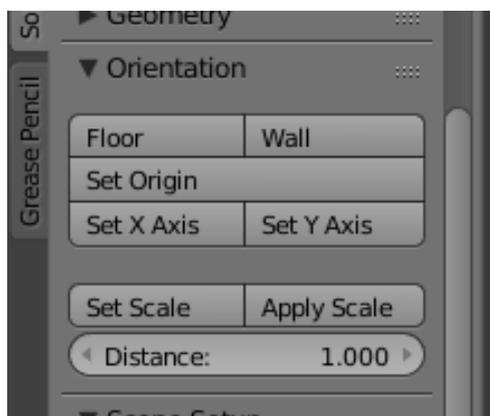


Figura 51 - Sub-painel Orientation.

O primeiro passo consiste na identificação do chão ou da parede da cena. Isso é feito selecionando três rastreadores ou mais das marcações contidas no chão, ou na parede, e em seguida clicado no respectivo botão, **Floor** para o chão ou **Wall** para a parede. Com esta ação o Blender ajustará a cena tendo como parâmetro o chão, ou parede estipulado.

Outro ajuste importante é a indicação do ponto de origem e os eixos da cena. Com essa configuração, as grades da **3D view** se tornarão a referência visual da distorção e perspectiva da cena. A configuração da origem é feita selecionando o rastreador desejado e em seguida clicando do botão **Set Origin**. A configuração dos eixos, X ou Y, é feito de modo semelhante, selecionando o rastreador e clicando no respectivo botão. É preciso apenas entender que o rastreador definido será a referência de direção, a partir da origem, do eixo marcado na cena.

A aplicação de escala se dá selecionando dois rastreadores na cena e aplicando a distância desejada. Essa configuração é muito importante, pois determina a escala da cena e, conseqüentemente, a relação espacial dos elementos digitais que serão gerados e associados à filmagem. Por isso é interessante, e indispensável, lembrar de mensurar a distância de duas marcações na cena real, realizar o rastreamento dessas marcações e, posteriormente, configurar os rastreadores com a distância obtida.

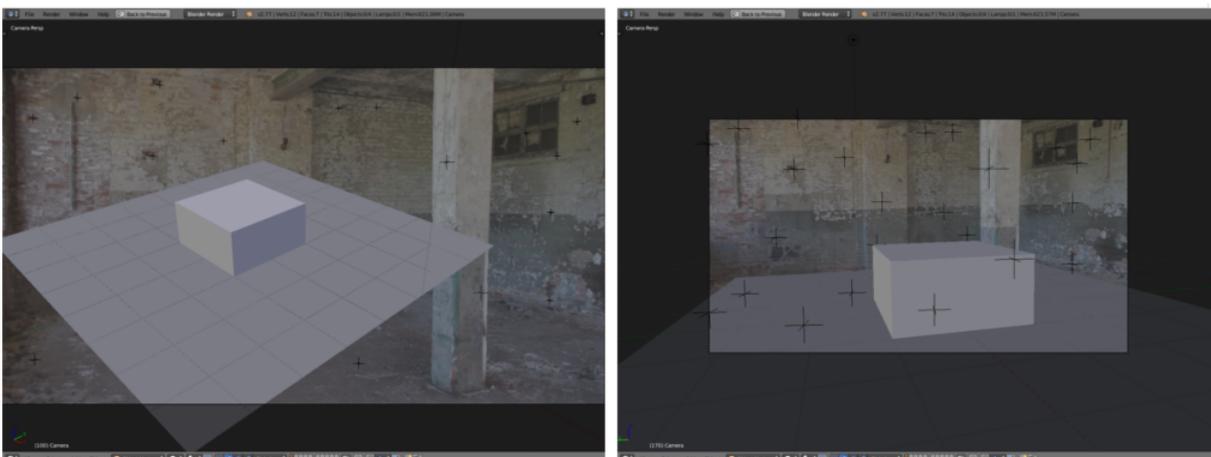


Figura 52 - Configurações de escala e orientação.

Uma vez configurada a orientação e escala da cena, o passo seguinte e final consiste na visualização da cena em tempo real para verificação da precisão da câmera obtida. Esse é o teste de qualidade, criando um modelo 3D simples da cena (utilizando a nuvem de pontos como referência) e seus elementos cênicos, sobrepondo-os à filmagem e visualizado em tempo real. Dessa forma, é possível ver a perspectiva e identificar a precisão dos elementos. É muito comum, como prática, texturizar em xadrez o modelo 3D, pois visualizado pela câmera será possível identificar o ponto de fuga da perspectiva e ver o encaixe com a cena real (FIG. 54).



Figura 53 - Teste de qualidade final, resultado do planejamento de cena da FIG. 4 (p. 20).

Com a finalização do teste de qualidade e precisão, o *matchmoving* está finalizado e a cena 3D, contendo a câmera animada e a posição dos objetos, será entregue ao próximo artista no fluxo de trabalho, que pode ser o animador (que animará algo na cena com o ponto de vista câmera) ou o diretor técnico, que simulará alguma explosão na cena e etc.

4.4 RASTREAMENTO DE OBJETOS UTILIZANDO O BLENDER

Na seção anterior foi apresentado o **Rastreamento da Câmera** utilizando o *Blender*. Nesta seção será apresentado o **Rastreamento de Objetos**. Sendo também parte do *matchmoving*, o rastreamento de objetos, como o nome indica, busca transpor o movimento do objeto da filmagem para o ambiente digital, sendo utilizado para associar elementos digitais aos elementos que se movem numa cena.

O **Rastreamento de Câmera** gera como produto a câmera digital animada e a nuvem de pontos referentes às marcações rastreadas. Essa nuvem de pontos é estática (e somente a câmera digital se movimenta), pois os elementos rastreados da cena estão estáticos, e para o algoritmo do software conseguir triangular a cena é preciso que esses elementos estejam, de fato, parados. Com o **Rastreamento de Objeto**, o inverso ocorre: matematicamente, o algoritmo do software mantém a câmera parada e as nuvens de pontos se movimentam em unidade.

Repetindo, no **Rastreamento de Objetos** a câmera se mantém estática, mas isso não impossibilita que a câmera seja também animada com base no movimento da filmagem. Sim, é possível que ambas as ações ocorram. O único requisito é indicar ao software se o que está sendo rastreado é estático ou em movimento e, posteriormente, calibrar tudo.

Para esse exemplo, utilizaremos novamente uma sequência de imagens disponibilizada, via *Creative Commons* pelo Instituto *Blender*, para exercício prático em seu DVD educacional sobre o assunto, “*Track, Match, Blend!*” de autoria de Sebastian Koenig (e, a título de curiosidade a pessoa a ser rastreada na filmagem é o próprio Sebastian Koenig¹).

1 - Sebastian Koenig é um artista freelancer alemão. Atuou como supervisor, compositor e técnico de *matchmoving* no Openmovie “Tears of Steel” (2012). Ele também é um instrutor autorizado e autor de pela diversas produções de conteúdo educacional sobre *Blender*, principalmente *matchmoving*.

Os passos para a execução do **Rastreamento de Objeto** ocorrem de forma semelhante ao **Rastreamento de Câmera**, com algumas variações. Por isso, caso ainda não tenha feito, é necessária a leitura prévia da seção anterior (4.3). Os passos, de maneira simplificada, consistem em obter o software, importar o arquivo de filmagem, rastrear as marcações do objeto dessa filmagem, calibrar a câmera e, por fim, criar a cena em 3D.

4.4.1 Obtendo o *Blender* e configurando o arquivo de filmagem

Repetindo, como explicado anteriormente, o *Blender* pode ser facilmente obtido pelo site de seu desenvolvedor. Uma vez feito o download, descompactado a pasta e executado o arquivo **blender.exe**, o *Blender* já estará pronto para o trabalho.

É preciso modificar o modo de trabalho de **Default** para **Motion Tracking**, e, na janela **Movie Clip Editor**, importar a filmagem através do botão **Open**. Uma vez importado a filmagem, é preciso ajustar a duração desta pela janela **Timeline**, e armazená-la na memória RAM, através do botão **Prefetch** no sub-painel **Clip** no menu esquerdo.

Com a filmagem à disposição, já podemos avaliar a imagem e planejar o melhor modo de efetuar o trabalho proposto.

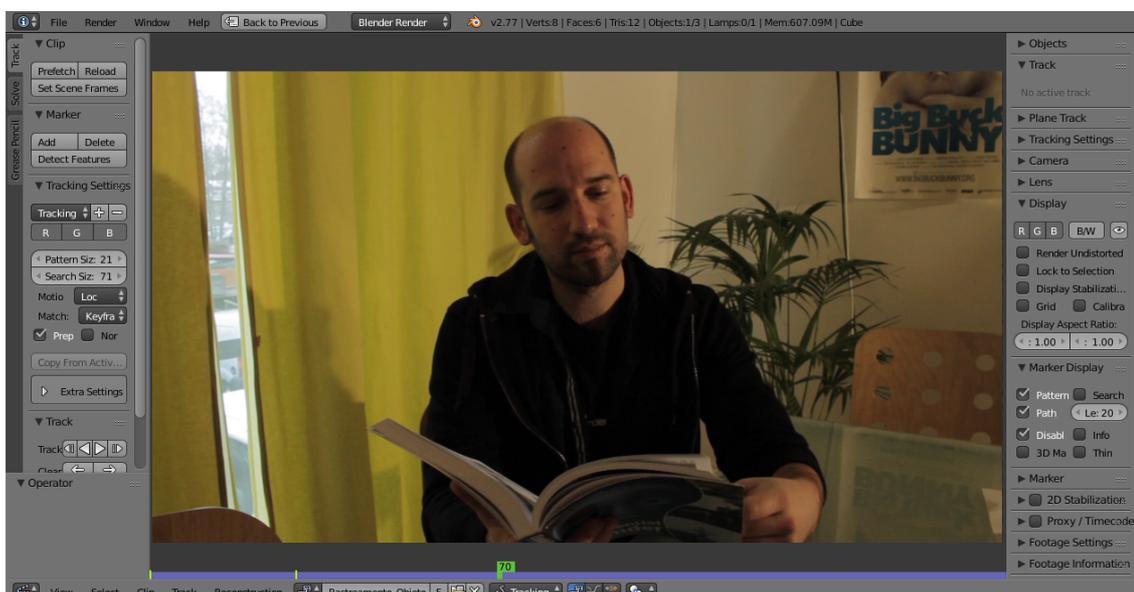


Figura 54 - Filmagem importada e pronta para o trabalho.

4.4.2 Avaliação da sequência de imagens

No exemplo aqui apresentado, os marcadores sintéticos foram adicionados diretamente na cabeça da pessoa (pontos de alto-contraste com a cor da pele) que será rastreada. Desse modo, para que o *matchmoving* seja obtido, a pessoa não pode expressar-se, devido ao requisito dos marcadores do objeto de se mover em unidade. Caso o efeito desejado não envolvesse diretamente a necessidade da visibilidade do rosto da pessoa, um objeto rígido seria aconselhável, como um capacete cheio de marcadores sintéticos por exemplo.

4.4.3 Rastreamento 2D

Dado a filmagem, o primeiro passo para o rastreamento de um objeto é a criação de um objeto no *Blender*. Isto é, a criação de uma “cápsula” onde todos os rastreadores estarão associados em uma espécie de hierarquia, onde a camada será pai de todos os rastreadores filhos. Dessa forma, é possível criar várias camadas dentro de uma mesma filmagem, a fim de rastrear diferentes objetos contidos na cena. Esta etapa é feita no menu direito, pelo sub-painel **Objects**. Nesse sub-painel, visualizaremos que a camada câmera é o modo padrão. Será então preciso adicionar um novo objeto, e isto é feito através do botão de adicionar (+). Feito isso, e selecionado essa camada objeto, todos os rastreadores posteriormente adicionados serão associados a esse objeto. É possível também nomear a camada de modo a manter o trabalho organizado, algo sempre aconselhado em uma produção.

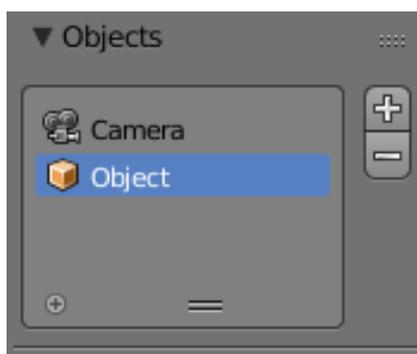


Figura 55 - Sub-painel Objects.

O rastreamento de objetos decorre da mesma maneira que o rastreamento da câmera. Cada rastreador deve rastrear uma marca, ou padrão de textura, eficiente e consistentemente; e todos os rastreadores, em conjunto, devem angariar, da melhor forma possível o maior número de informações espaciais e de movimento do objeto rastreado.

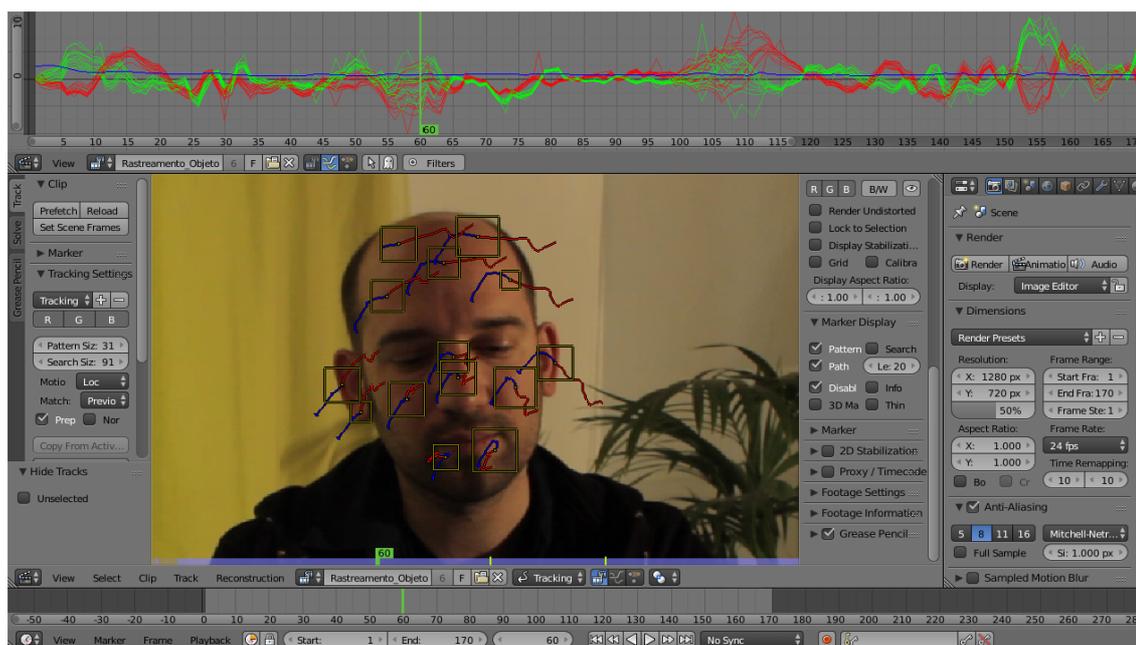


Figura 56 - Objeto rastreado.

4.4.4 Calibração 3D (Solução do Objeto)

A calibração 3D, do objeto, ocorre de forma muito semelhante também à calibração da câmera, através da indicação do período com mais informação de movimento nos campos **Keyframe A** e **Keyframe B**, no sub-painél **Solve**, e o acionamento seguido do botão **Solve Object Motion**. A **Taxa de Erro** segue a mesma lógica: quando menor, melhor. A diferença aqui decorre do fato de não haver a possibilidade do refinamento automático das informações da câmera pelo *Blender*. Desse modo, as informações devem ser inseridas manualmente nos sub-painéis **Camera** e **Lens**. Outra possibilidade de solução é realizar primeiramente o rastreamento da câmera e posteriormente a do objeto. Desse modo, o *Blender* já possuirá as propriedades da câmera ao realizar a solução do objeto.

4.4.5 Geração da Cena 3D

A geração da cena 3D no rastreamento de objeto não é tão rápido como o clicar de um botão (como no rastreamento da câmera), mas não isso não significa que seja difícil.

O primeiro passo, após solucionado o movimento do objeto e obtido a menor taxa de erro possível, é adicionar (caso não exista) uma câmera na janela **3D view**. Mantendo selecionado esta câmera, seleciona-se no menu **Properties**, pela aba **Constraints**, a *constraint*¹ **Camera Solver**.

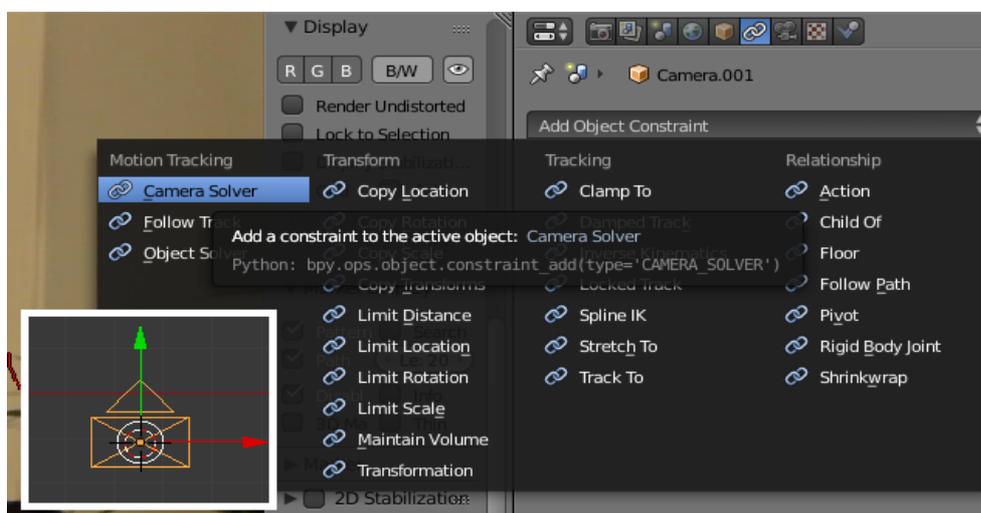


Figura 57 - Adicionando a solução do objeto à câmera.

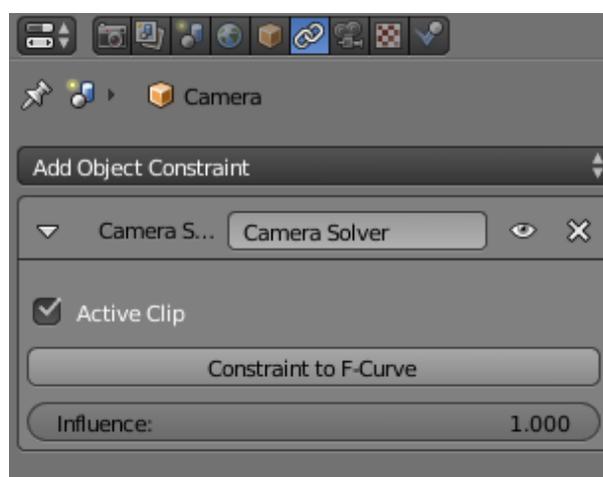


Figura 58 - *Constraint* adicionada à câmera.

1 - *Constraint*: referência, associação e/ou restrições de características geométricas (movimentos e propriedades) entre duas ou mais entidades 3D. Havendo às vezes a subordinação de uma a outra.

Essa ação gera uma nuvem de pontos, referentes aos rastreadores da filmagem, na posição espacial das marcações rastreadas. Se acionado a execução do vídeo, visualizaremos então a animação da nuvem de pontos, e, com essa informação referencial de movimento, abrimos a possibilidade de explorar criativamente a associação de elementos digitais aos objetos da cena, de modo plausível e crível.

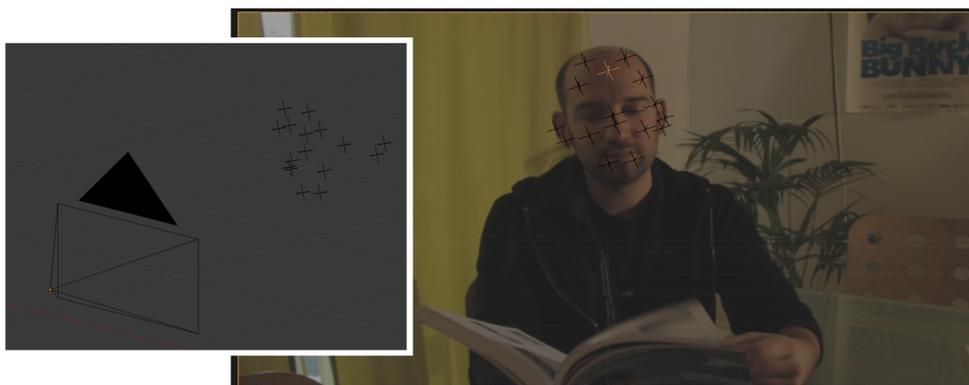


Figura 59 - Nuvem de pontos do objeto.

Por ser a nuvem de pontos que se movimenta e não a câmera, a associação de elementos 3D deve ser bem executada para que não haja desencaixe. Isto é feito seguindo os seguintes passos: criação de uma *Mesh*¹ de referência, utilização de uma *constraint* para animação, inserção do modelo final a ser animado, hierarquização dos modelos e refinamento final.

No meu esquerdo, no sub-painel **Geometry**, existe um botão chamado **3D Marks to Mesh** que, quando acionado, cria uma nuvem de vértices na posição onde se encontra a nuvem de pontos. Sendo os vértices manipuláveis, é possível então criar um *Mesh* temporário para verificar os encaixes e a animação.

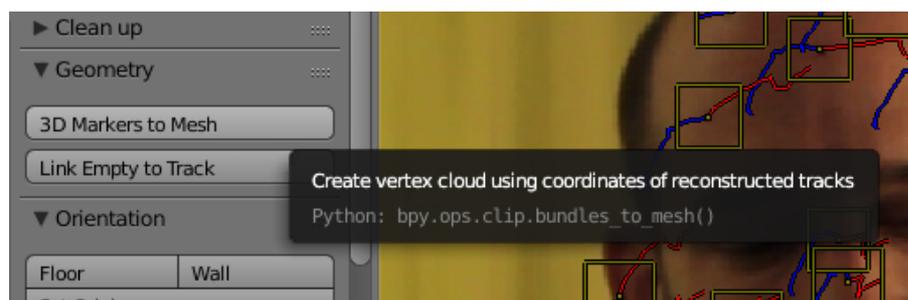


Figura 60 - Criando uma nuvem de vértices.

1 - *Mesh* ou Polígono é o coletivo de vértices, arestas e faces que definem a forma de um objeto 3D.

Porém, por si só, essa nuvem de vértices, agora *Mesh* temporário, não é animada. É preciso adicionar uma *constraint* a ela, fazendo a ligação com a solução do movimento do objeto rastreado. Isso é feito, mantendo o *Mesh* temporário selecionado, indo ao menu **Properties**, na aba **Constraints**, e selecionando a *constraint* **Camera Solver**. Esta ação é idêntica à realizada anteriormente, só que desta vez objeto é selecionado e não a câmera. Por fim, é preciso identificar no campo **Object** qual objeto rastreado fornecerá o movimento (podendo haver mais de um) e qual câmera proverá a solução.

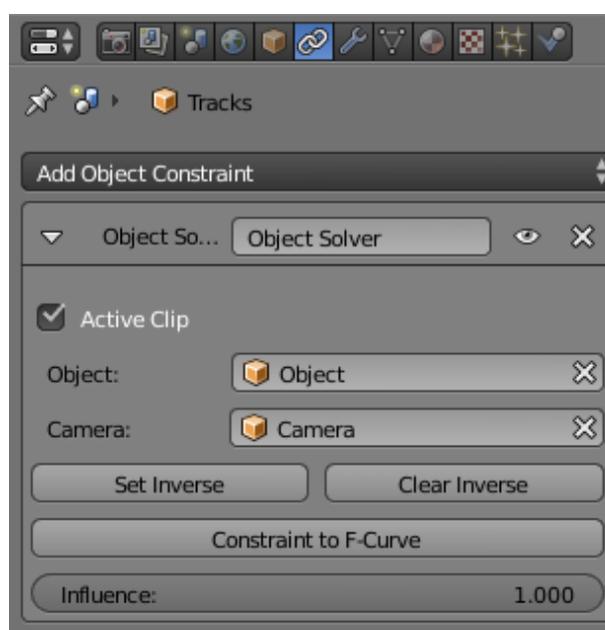


Figura 61 - Constraint adicionada ao objeto.

A inserção da modelagem final a ser associada é feita através do posicionamento preciso, com base no *Mesh* temporário, e com sua hierarquização a esta modelagem. Em outras palavras, o modelo 3D final, a partir da visualização de um quadro, é encaixado com base no *Mesh* referencial. Depois é feito filho deste *Mesh*, fazendo com que se movimente subordinado ao movimento do pai. E o movimento do pai é causado pela *constraint* **Camera Solver**, que se utiliza da informação de movimento provida pela solução do objeto. Essa fase é manual e exige bons olhos aos detalhes. Redimensionamento do modelo 3D e re-ajustes são muito comuns. Uma boa técnica é visualizar vários pontos de vistas, navegando pela **Timeline**, pois o que parece bom em um quadro, nem sempre está bom em outro.

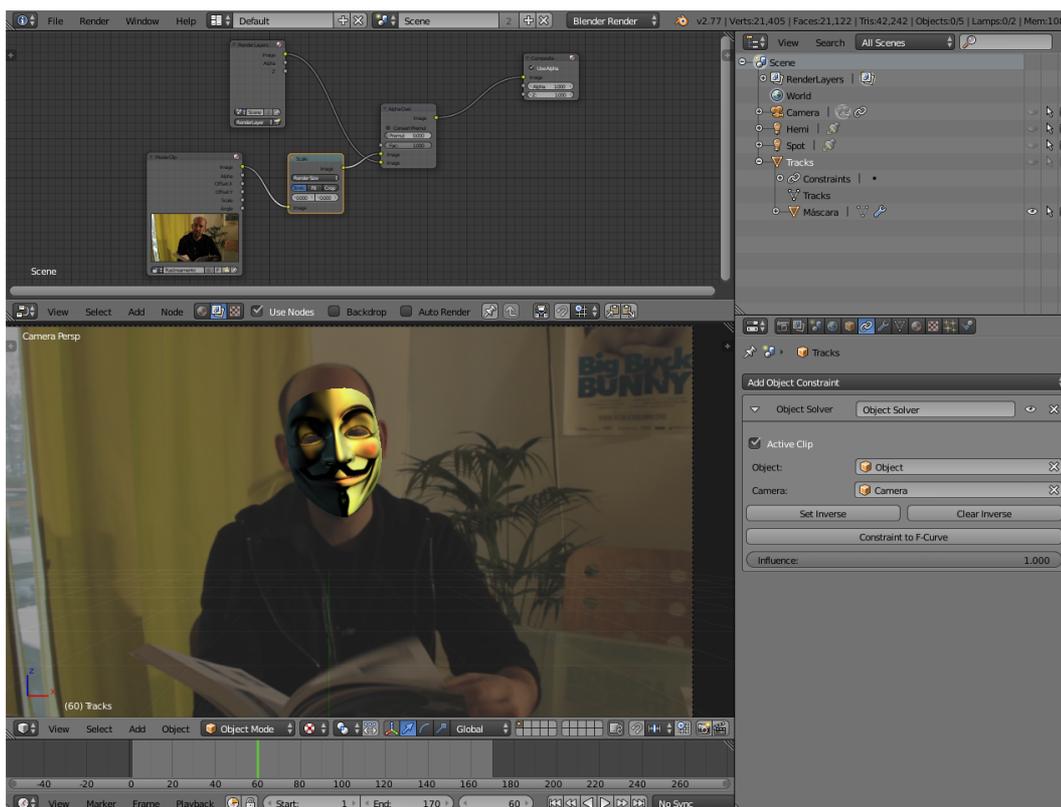


Figura 62 - Modelo final filho do Mesh temporário.

É preciso lembrar que numa produção profissional, a inserção do modelo 3D final talvez não seja realizada pelo técnico de *matchmoving*. Este apenas fará uso de modelos simples referenciais. Ao obter as informações precisas do espaço 3D, o técnico as fornecerá aos modeladores responsáveis que farão a modelagem final a ser inserida na cena. Porém, estes modelos simples possuirão, muitas vezes, as proporções do modelo final, fazendo com que a precisão seja efetiva.



Figura 63 - Antes e depois do modelo adicionado.

Para o estudante, em seu projeto, muitas vezes caberá a inserção do modelo final a ser animado. Quando não, será também sua a responsabilidade de realizar a modelagem final. Tendo as nuvens de vértices se tornado um *Mesh* referencial, as informações de proporções e referências espaciais garantirão a precisão que o *matchmoving* almeja.

Uma vez concluído com a devida texturização, iluminação e composição, os elementos digitais enriquecerão a cena, tornando-se parte daquele universo, respirando, reagindo e **precisamente se movimentando** adequados à câmera e ao objeto/personagem.



Figura 64 - Rastreamento de objeto finalizado.

CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou o *matchmoving* como ferramenta ao estudante do curso de Cinema de Animação e Artes, que poderá utilizá-lo criativamente em seus projetos estudantis e independentes. Para além do estudante, devido à simplificação e a acessibilidade das teorias e técnicas aqui apresentadas, qualquer outro interessado poderá também, de forma fácil e rápida, fazer uso do conhecimento aqui divulgado (desde de que tenha uma noção básica do *Blender*).

A explanação do funcionamento do *matchmoving* foi apresentada de forma simples e objetiva, mostrando como funciona e o porquê de cada método. Foi delineado o fluxo de trabalho essencial, que consiste nas etapas de obtenção e avaliação da filmagem, identificação e rastreamento de pontos 2D nesta filmagem, calibração da câmera, geração da câmera animada e dos pontos referenciais espaciais e, por fim, a verificação da precisão e modelagem simples da cena.

Numa visão ampla, foi enaltecido a necessidade de planejamento e atenção aos requisitos do *matchmoving* nas etapas de pré-produção e produção. Desse modo, foram fornecidas informações relevantes ao *matchmoving*, relacionadas ao roteiro, as locações e cenários, e a pré-visualização. As marcações (naturais e sintéticas) e os elementos de cena também tiveram uma atenção especial, devido à sua importância para a fluidez do trabalho.

A função primordial do *matchmoving* é recriar digitalmente a câmera digital gêmea da câmera real. Dessa forma, conhecer a câmera e seus atributos é essencial. Informações de Lentes, Distância Focal e Profundidade de campo são apresentadas e ilustradas, além de outras informações relevantes relacionadas aos arquivos de filmagens, como Definição, Resolução, Granulação, Taxa de quadros etc.

Foram também listados os softwares disponíveis no mercado para que o *Blender* fosse então apresentado como software versátil, para a produção também de *matchmoving*. Em uma seção especial, o processo de Rastreamento de Câmera e Rastreamento de Objeto são explicados, detalhadamente, de forma linear, seguindo o fluxo de trabalho de *matchmoving*, com o intuito de fornecer o conhecimento necessário mínimo, para início imediato, das potencialidades que o

matchmoving proporciona.

Em conclusão, este trabalho é apenas um pequeno arranhão na superfície desse tema técnico, mas também bastante utilizado na integração artística dos efeitos visuais de um filme. Como ponte, o *matchmoving* liga o mundo da filmagem ao vivo ao mundo da animação 3D digital, e também como ponte, esse trabalho visou ser uma introdução aos estudantes e interessados sobre o conhecimento e aplicação prática da ferramenta *matchmoving* para o artista/animador digital.

REFERÊNCIAS

a) Livros

DOBBERT, Tim. **Matchmoving: The Invisible Art of Camera Tracking**. Sybex, 2005.

HORNUNG, Erica. **The Art and Technique of Matchmoving**. Elsevier, 2010.

ZETTL, Herbert. **Manual de produção de televisão**. São Paulo: Cernage Learning, 2011.

Lucena Junior, Alberto. **Arte da animação: técnica e estética através da história**. São Paulo: Senac São Paulo, 2005.

FRANÇA, Júnia Lessa. Et al. **Manual para normalização de publicações técnico-científicas**. 9. ed. rev. e aum. Belo Horizonte: UFMG, 2013.

b) DVD's

HOLMES, Per. **Hollywood Camera Work: Visual Effects for Director**. EUA, 2006.

KOENIG, Sebastian. **Track, Match, Blend!** Blender Institute. Holanda, 2012.

LÁGRIMA DE AÇO (Tears of Steel). Making of. Direção: Ian Hubert. Holanda, 2012. 12 min. Cor. Produzido por Blender Institute. DVD.

c) Recursos Online

BLENDER. **Open Projects**. Disponível em: <<https://www.blender.org/features/projects/>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

BLENDER. **LIBMV.** Disponível em: <<https://developer.blender.org/project/profile/59/>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

BLENDER NATION. **GSoC: Tomato Branch Motion tracking in Blender.** Disponível em: <<http://www.blendernation.com/2011/07/05/gsoc-tomato-branch-motion-tracking-in-blender/>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

BRANDALIZE, MARIA CECÍLIA BONATO. **Fotogrametria.** Disponível em: <[http://www2.uefs.br/geotec/topografia/apostilas/topografia\(13\).htm](http://www2.uefs.br/geotec/topografia/apostilas/topografia(13).htm)>. Acesso em: 18 set. 2015.

CHANDER RUZZI TUTORIALS. **Blender – Tutorial de Chroma key, Tracking e Remoção de Markers (Português).** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ptIIYI0emcc>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

DAVE DUGDALE. **Konova Slider Montage Film.** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=gmsOaziTL7g>>. Acesso em: 27 abr. 2016.

FRAMESTORE OFFICIAL. **Gravity Show and Tell.** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=rCm3FYp4hdl>>. Acesso em: 18 set. 2015.

GRAPHICALL.ORG. **Gsoc 2011 Tomato Branch (Mango).** Disponível em: <<http://graphicall.org/271>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

MVARANDA1000. **Tutorial Blender 2.66 Português 8 – Camera Tracking – part 1 de 5.** Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=four_QSdKH0>. Acesso em: 15 jun. 2016.

MVARANDA1000. **Tutorial Blender 2.66 Português 8 – Camera Tracking – part 2 de 5.** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=GdPz9zr05Ag>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

TEARS OF STEEL. **Tears of Steel – Mango Open Project.** Disponível em: <<http://mango.blender.org/>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

#UFT10ANOS. **Manual básico de fotografia.** Disponível em: <<http://10anos.utfpr.edu.br/?p=161>>. Acesso em: 11 nov. 2015.

VIDIGAL, Leonardo A. *et al.* **Projeto Pedagógico do Curso de CINEMA DE**

ANIMAÇÃO E ARTES DIGITAIS (REUNI). UFMG-EBA, 2011. Disponível em: <<http://www.eba.ufmg.br/caad/wpcontent/uploads/2013/03/projetopedagogicoversao-finalprograd-26fev-2013.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2016.

VIMEO VIDEO SCHOOL. **BEHIND THE GLASS PART 1**. Disponível em: <<https://vimeo.com/27582408>>. Acesso em: 03 set. 2015.

d) Softwares

ANDERSSON TECHNOLOGIES LLC. **SynthEyes**. Disponível em: <<https://www.ssontech.com/>>. Acesso em: 16 jun. 2016.

AUTODESK. **Matchmover**. Disponível em: <<https://apps.autodesk.com/MAYA/pt/Detail/Index?d=3330821554784584637&appLang=en&os=Win64>>. Acesso em: 16 jun. 2016.

BLENDER INSTITUTE. **Blender**. Disponível em: <<http://www.blender.org>>. Acesso em: 16 jun. 2016.

IMAGINEER SYSTEMS. **Mocha Pro**. Disponível em: <<http://www.imagineersystems.com/products/mocha-pro/>>. Acesso em: 16 jun. 2016.

SCIENCE-D-VISIONS. **3DEqualizer**. Disponível em: <<https://www.3dequalizer.com/>>. Acesso em: 16 jun. 2016.

THE PIXEL FARM. **PFTrack**. Disponível em: <<http://www.thepixelfarm.co.uk/pftrack/>>. Acesso em: 16 jun. 2016.

VICON. **Boujou**. Disponível em: <<http://www.vicon.com/products/software/boujou>>. Acesso em: 16 jun. 2016.

VISCODA. **Voodoo**. Disponível em: <<http://www.viscoda.com/index.php/en/products/non-commercial/voodoo-camera-tracker>>. Acesso em: 16 jun. 2016.