



Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE
Departamento de Estatística e Informática - DEINFO
Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada - PPGIA

Maicon Hervertton Lino Ferreira da Silva

**Desenvolvimento de objetos de aprendizagem
multimídia com auxílio do Scrum: uma experiência
no contexto da ortopedia e das plataformas de
Stewart**

Recife, dezembro de 2013

Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
Departamento de Estatística e Informática - DEINFO
Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada – PPGIA

Maicon Herverton Lino Ferreira da Silva

**Desenvolvimento de objetos de aprendizagem
multimídia com auxílio do Scrum: uma experiência
no contexto da ortopedia e das plataformas de
Stewart**

Orientador: Maria da Conceição Moraes Batista, Dr.^a.
Co-orientador: Guilherme Villar, Dr.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Recife, dezembro de 2013.

Ficha catalográfica

S586d Silva, Maicon Herverton Lino Ferreira da
Desenvolvimento de objetos de aprendizagem multimídia
com auxílio do Scrum: uma experiência no contexto da
ortopedia e das plataformas de Stewart / Maicon Herverton
Lino Ferreira da Silva. – Recife, 2013.
120 f. : il.

Orientadora: Maria da Conceição Moraes Batista.
Dissertação (Mestrado em Informática Aplicada) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento
de Estatística e Informática, Recife, 2013.
Inclui referências e apêndice(s).

1. Scrum 2. Plataformas de Stewart 3. Objetos de
aprendizagem 3D I. Batista, Maria da Conceição Moraes,
orientadora.

CDD 004

Dedicatória

Dedico este trabalho as pessoas mais importantes da minha vida, que me incentivaram a continuar e finalizar este trabalho de mestrado com o desejo de que eu me tornasse um mestre nas ciências da computação. São elas: Jorge da Silva Correia Neto, Guilherme Vilar, Tiago A. E. Ferreira, Daniela Vilar e Maria da Conceição Moraes Batista.

Dedico principalmente a minha mãe, Ivaneide Lino da Silva, minha mãe/avó, Rosa Josefa de Lima Silva, meu avô, Braz Lino da Silva, Augusto José da Silva Rodrigues, Ilza Maria da Silva Rodrigues, Adriana Sousa, Rafaela Pessoa e Laís Carla, que nunca deixaram de me apoiar desde os primeiros passos que dei, até a escola, à Universidade e agora ao tão sonhado título de mestre.

Agradecimentos

Primeiro, agradeço ao grande senhor Deus que nunca ousou me julgar e duvidar da minha capacidade de vencer todas as dificuldades e barreiras da vida.

Por conseguinte quero orgulhosamente agradecer aos mentores desse trabalho que me apoiaram e me deram forças para finalizá-lo com a qualidade e desejo esperado, que me apoiaram e estiveram comigo em reuniões práticas e de escrita. São eles: Jorge da Silva Correia Neto e Guilherme Vilar.

Também agradeço aos meus familiares e amigos que me apoiaram nessa nova fase que decidi trilhar, e em especial a Jessica Mayane Oliveira, pela paciência e companheirismo em todas as horas necessárias, também por suportar as horas em que eu estava ausente, me dedicando às atividades do mestrado, pela capacidade de aceitar novas ideias e principalmente por ser especial para mim.

Epígrafe

“Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória é o desejo de vencer”.

Mahatma Gandhi

Resumo

As Plataformas de Stewart proporcionaram a diversas áreas da ciência a construção de ferramentas para manipulação de objetos em ambientes 3D. Dentre essas contribuições surge também o Sistema Hexápode de Ilizarov (SHI), destinado a corrigir deformidades ósseas. Entretanto, o ensino do funcionamento de um SHI para os médicos ortopedistas, principais interessados nessa área, é de difícil interpretação por possuir uma manipulação em três dimensões (3D), a qual requer ensino e prática. Dessa forma, este trabalho se propôs a desenvolver objetos de aprendizagem multimídia, com o auxílio do *framework* Scrum, da engenharia de *software*, para o processo de ensino-aprendizagem dos SHI. Para construção desse trabalho foi realizada uma Pesquisa Sistemática da Literatura (PSL) visando reunir uma base de referências em cada área de pesquisa que envolve a problemática em questão, ou seja, objetos de aprendizagem, plataformas de Stewart e engenharia de *software*. Além disso, foi aplicado um questionário com os médicos ortopedistas e residentes em ortopedia para avaliar os objetos de aprendizagem produzidos. Como resultados desse trabalho estão disponíveis em endereço eletrônico quatro objetos de aprendizagem que podem ser utilizados para educação médica sobre os SHI. Igualmente, estão presentes os resultados da PSL e o resultado da avaliação dos objetos de aprendizagem, junto a seu público-alvo, médicos residentes e especialistas em ortopedia. Nas conclusões são apresentadas as contribuições da utilização do *framework* Scrum da engenharia de *software* na construção de objetos de aprendizagem pelo presente trabalho.

Palavras-chave: Plataformas de Stewart; Sistema Hexápode de Ilizarov; Scrum; Objetos de Aprendizagem 3D.

Abstract

Stewart platforms provided, to various areas of science, building tools for manipulating objects in 3D environments. Within these contributions, the Ilizarov Hexapod System (IHS) for correcting bone deformities. However, teaching the operation of a IHS to orthopedic physicians, key stakeholders in this area, is difficult to interpret because it has a manipulation in three dimensions (3D), which requires education and practice. Thus, this study proposes the development of multimedia learning objects, with the aid of Scrum, a software engineering framework, to the teaching-learning process of IHS. To develop this work a Systematic Literature Search (SLS) was held to bring together a base of references in each area of research that involves the issue in question, i.e., learning objects, Stewart platforms and software engineering. In addition, a questionnaire was applied to orthopedists and residents in orthopedics to assess this learning process. The results of this work are available at an electronic address: four learning objects that can be used for medical education on the IHS. Thus, this dissertation presents the results of the SLS and the evaluation of the learning objects with their target audience: resident doctors and orthopedic specialists. At the Conclusion Chapter, contributions of the Scrum framework in the construction of learning objects are also presented.

Keywords: Stewart Platforms; Ilizarov Hexapod System; Scrum; 3D Learning Objects.

Lista de Figuras

Figura 1. Primeiro modelo de simulador construído com arquitetura hexápode.....	13
Figura 2. Simulador de voo CAE 5000 (Canadian Aviation Electronics Ltd)	13
Figura 3. Simulador automobilístico	14
Figura 4. Simulador para situações de risco em navegação	14
Figura 5. Um fixador externo de Ilizarov implantado na perna de um paciente	15
Figura 6. Sistema Hexápode de Ilizarov montado em um osso com deformidade, e após a correção da deformidade	15
Figura 7. Perna vista lateralmente em computação 3D, sem anormalidade e com normalidade.	17
Figura 8. Manipulador de hexápode conhecido como plataforma de Stewart	25
Figura 9. Simulação de um plano 3D.	26
Figura 10. Movimentos de translação com relação a cada eixo.	26
Figura 11. Movimentos de rotação com relação a cada eixo.....	27
Figura 12. Diferentes tipos de MPS quanto à geometria (a)3-3 (b) 6-3 (c) 6-6	27
Figura 13. Representação gráfica da cinemática inversa.....	29
Figura 14. Esquemático dos vetores para cinemática inversa	29
Figura 15. Simuladores de avião	30
Figura 16. Visão esquemática de uma plataforma 6-6.....	31
Figura 17: <i>Taylor Spatial Frame</i> implantado na perna de um paciente	32
Figura 18: Sistema de Ilizarov Hexápode na perna de um paciente.....	32
Figura 19. Descrição do processo do <i>framework</i> SCRUM	43
Figura 20. Processo de revisão sistemática	47
Figura 21. Modelo para realizar uma PSL.....	49
Figura 22. Processo adaptado do <i>framework</i> do <i>Scrum</i> para construção de projetos de animações em 3D.....	56
Figura 23: (A) Segmento de reta com uma barra que pode ser riscada em qualquer intervalo entre “Nenhuma Compreensão” e “Profunda Compreensão” (B) Ao riscar no formulário o valor é medido	60
Figura 24. Resultados da aplicação dos critérios de busca para OA.	64
Figura 25. Evolução cronológica dos artigos selecionados para OA.	64
Figura 26. Resultados da aplicação dos critérios de busca para PS.	65
Figura 27. Evolução cronológica dos artigos selecionados para PS.....	65
Figura 28. Resultados da aplicação dos critérios de busca para ES.	66
Figura 29. Evolução Cronológica para ES.	66
Figura 30. Algumas imagens do primeiro objeto de aprendizagem explicativo sobre o SHI. .	67
Figura 31. Explicando os graus de liberdade de um SHI com movimentos em 3D.....	67
Figura 32. Explicando o alongamento de membros com o SHI.....	68
Figura 33. Correção de uma deformidade utilizando o SHI.....	68

Lista de Quadros

Quadro 1. Critérios para objetos de aprendizagem.....	50
Quadro 2. Critérios para plataforma de Stewart.	50
Quadro 3. Critérios para engenharia de <i>software</i>	51
Quadro 4. Construção da expressão textual de busca da PSL.	52
Quadro 5. Modelo de roteiro para construção de um objeto de aprendizagem.	58
Quadro 6. Distribuição de valores para classificação qualitativa.....	61
Quadro 7. Resultados dos artigos classificados e selecionados pela PSL para OA.	62
Quadro 8. Resultados dos artigos classificados e selecionados pela PSL para PS.....	63
Quadro 9. Resultados dos artigos classificados e selecionados pela PSL para ES.....	63
Quadro 10. Artigos selecionados por técnica para OA.....	64
Quadro 11. Artigos selecionados por técnica para PS.	65
Quadro 12. Artigos selecionados por técnica para ES.....	66
Quadro 13. Dados estatísticos obtidos com o grupo 1 com relação a avaliação do conhecimento sobre sistemas hexápodes.....	70
Quadro 14. Dados estatísticos obtidos com o grupo 1 com relação a avaliação do conhecimento sobre seis graus de liberdade.....	70
Quadro 15. Dados estatísticos obtidos com o grupo 1 com relação a avaliação do conhecimento sobre SHI.....	70
Quadro 16. Dados estatísticos obtidos com o grupo 2 após a demonstração dos objetos de aprendizagem.....	71

Lista de Abreviaturas

3D – Três dimensões

CAPES – Conselho de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

ER – Engenharia de Requisitos

ES – Engenharia de *Software*

FEI - Fixador Externo de Ilizarov

GDL – Graus de Liberdade

IEEE – Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos

MERLOT - Recurso Educacional Multimídia de Aprendizagem e Ensino Online

OA3D - Objetos de Aprendizagem Multimídia

OA – Objetos de Aprendizagem

OAM – Objetos de Aprendizagem Multimídia

PS – Plataforma de Stewart

PLN – Processamento de Linguagem Natural

PSL – Pesquisa Sistemática da Literatura

RS – Revisão Sistemática

SHI – Sistema Hexápode de Ilizarov

SI - Sistemas de Informação

Sumário

Capítulo I.....	12
1. Introdução.....	12
1.1 Malformação congênita e deformidades causadas por acidentes	16
1.2 Educação médica	18
1.3 Engenharia de <i>software</i> e computação gráfica	19
1.3.1 Computação gráfica.....	20
2. Objetivos.....	22
2.1 Objetivo geral	22
2.2 Objetivos específicos	22
Capítulo II.....	24
2. Referencial teórico.....	24
2.1 Plataformas hexápodes e plataformas de Stewart.....	24
2.1.1 Aplicações com plataforma de Stewart	29
2.2 Objetos de aprendizagem e a construção do conhecimento.....	33
2.2.1 Objetos de aprendizagem multimídia	35
2.2.2 Objetos de aprendizagem na saúde.....	37
2.3 Engenharia de <i>software</i>	39
2.3.1 Levantamento de requisitos	40
2.3.2 Processo e gerência do desenvolvimento de <i>software</i>	41
2.3.4 Scrum.....	42
2.3.4.1 Funcionamento do Scrum.....	44
2.3.5 A engenharia de <i>software</i> na construção de objetos de aprendizagem 3D	44
Capítulo III	46
3. Materiais e métodos.....	46
3.1 Materiais	46
3.2 Métodos	47
3.2.1 Pesquisa sistemática da literatura	47
3.2.1.1 Formulação de critérios	50
3.2.1.2 Amplitude dos critérios.....	51
3.2.1.3 Critérios de seleção de fontes	51
3.2.1.4 Critérios de inclusão dos estudos.....	52
3.2.1.5 Processo de seleção	52
3.2.2 Engenharia de <i>software</i> e o modelo Scrum	53
3.2.3 A modelagem	59
	10

3.2.4 Avaliação	59
Capítulo IV	62
4. Resultados.....	62
4.1 Resultados da pesquisa sistemática da literatura	62
4.2 Objetos de aprendizagem.....	66
4.3 Processo de avaliação dos objetos de aprendizagem.....	69
Capítulo V.....	72
5. Conclusões.....	72
Referências	74
APÊNDICES	85
APÊNDICE 01	86
APÊNDICE 02	91
APÊNDICE 03	103
APÊNDICE 04	106
APÊNDICE 05	110
APÊNDICE 06	113
APÊNDICE 07	114

Capítulo I

O capítulo I tem o propósito de mostrar uma introdução ao tema de pesquisa do trabalho de dissertação em questão. Além disso, também visa apresentar os objetivos deste trabalho.

1. Introdução

Há muito tempo a ciência busca melhorias para a sociedade com estudos e aplicações desenvolvidas para diversas áreas do conhecimento como construção civil, tecnologia, automobilismo e medicina, dentre outras.

Alguns desses estudos e aplicações advêm de uma análise reflexiva sobre o comportamento da natureza, buscando aprender com suas estratégias e soluções. Os sistemas que imitam movimentos da natureza, ou seu comportamento, são chamados de biomimetismos (*biomimetics*). Já os sistemas que se inspiram na natureza para criar outro tipo de mecanismo são chamados de bio-inspiração (*bioinspirations*) (TORGAL; JALALI, 2011).

Existem muitas aplicações para sistemas que utilizam biomimetismo ou bioinspiração dentro da ciência. Um exemplo muito conhecido e utilizado nos dias de hoje é o Velcro, desenvolvido a partir da observação de sementes de grama com espinhos e ganchos que se prendiam nos pelos de um cão (JORNAL DA CIÊNCIA, 2013).

Outras áreas também utilizam biomimetismo, como por exemplo, a robótica, ao criar um mecanismo que simula a caminhada de um inseto hexápode, ou seja, com seis pernas, e que são aplicadas a robôs que exploram lugares de difícil acesso. Um exemplo disso foi apresentado recentemente por Chou *et al.* (2012), com um robô bioinspirado em movimentos de uma barata ao escalar degraus, também utilizando os princípios de hexápode.

Partindo da ideia de biomimetizar movimentos da natureza, D. Stewart, introduziu, na década de 1960, um manipulador paralelo com seis graus de liberdade. Esse manipulador paralelo era composto por seis pernas, todas idênticas, que permitem movimentos em seis graus de liberdade (SANTOS, 2010). Este manipulador, antes usado como atuador hidráulico, mecanismo utilizado na área industrial para robôs que precisavam realizar movimentos de translação, passou a ser utilizado como simulador de voo para treinamento de pilotos. Logo após, com sua popularização, ficou conhecido como plataforma de Stewart (PS) (*Stewart platform*) (STOUGHTON; ARAI, 1993).

O uso da PS para os simuladores de voo se expandiu e foi utilizado para construção dos primeiros simuladores baseados na arquitetura hexápode (MELLO, 2011), como pode ser visto na figura 1.



Figura 1. Primeiro modelo de simulador construído com arquitetura hexápode

Fonte: Merlet (2006, p. 11).

Mais tarde, com o avanço da tecnologia, empresas líderes no mundo na construção de simuladores de voo lançam robustos e modernos simuladores com cilindros elétricos que substituem os cilindros hidráulicos originais das plataformas. Com isso, há uma redução de custos e maior precisão dos movimentos dos simuladores, esses simuladores podem ser vistos na figura 2.



Figura 2. Simulador de voo CAE 5000 (Canadian Aviation Electronics Ltd)

Fonte: Mello (2011, p. 14).

Porém, a simulação de voo não foi a única área que utilizou as PS. Outras áreas também vêm utilizando seus princípios matemáticos, como é o caso dos simuladores de

movimento. Um exemplo desses simuladores pode ser visto na figura 3, apresentado por Mello (2011, p. 15), onde uma empresa do ramo automobilístico desenvolveu um simulador de movimentos para analisar os movimentos de um motorista sonolento, sob o efeito do álcool. Nessas condições, o carro é colocado frente a uma tela circular e transmite os movimentos para a plataforma.



Figura 3. Simulador automobilístico

Fonte: Mello (2011, p. 15).

Além disso, outra área em destaque com o uso de PS é a naval, com simuladores de ponte de comando para treinamento de tripulação, onde são colocados sob uma plataforma com três graus de liberdade e com uma tela de 240° para proporcionar aos tripulantes uma sensação de realidade, um exemplo pode ser visto na figura 4.



Figura 4. Simulador para situações de risco em navegação

Fonte: Mello (2011, p. 17).

Ao passo que o uso da PS foi se expandindo, surgiu o interesse na utilização e adaptação de sua metodologia em muitos problemas. Um exemplo disso é o fixador externo de Ilizarov (FEI) (EASLEY; WELLMAN; WILSON, 2006), figura 5, método criado para alongar membros que, ao receber os princípios da PS, passou a ser não somente um alongador

de membros e fixador para recuperação do sistema osteomuscular, mas também passou a ser aplicado na correção do sistema osteomuscular, onde há deformidades no osso, que precisam de correção para melhorar a qualidade de vida dos portadores de anomalias congênitas e de pessoas que sofreram acidentes.



Figura 5. Um fixador externo de Ilizarov implantado na perna de um paciente

Fonte: (EASLEY; WELLMAN; WILSON, 2006, p. 161).

Essa nova forma que se baseou no FEI é chamada de sistema hexápode de Ilizarov (SHI), figura 6, pois adicionou os mecanismos de plataforma de Stewart, trazendo para a ortopedia um novo método para correção de problemas de malformação óssea, permitindo que os médicos realizem movimentos com seis graus de liberdade a fim de corrigir essas deformidades.



Figura 6. Sistema Hexápode de Ilizarov montado em um osso com deformidade, e após a correção da deformidade

Fonte: Litos (2013, p. 1).

As malformações congênitas e deformidades causadas por acidentes serão o campo de aplicação dos SHI alvo desse trabalho, por isso são, a seguir, melhor explorados.

1.1 Malformação congênita e deformidades causadas por acidentes

Os problemas de malformações congênitas são mudanças presentes no crescimento e desenvolvimento de alguns seres humanos, e isso corrobora toda alteração na ordem estrutural, funcional ou metabólica, que resultam em anomalias físicas ou até mentais ao indivíduo. Entretanto, o termo anomalia e malformação são tratados como sinônimos e usados para descrever todos os tipos de alterações estruturais (RAMOS; OLIVEIRA; CARDOSO, 2008).

No mundo, essas anomalias já afetavam cerca de 5% dos nascidos vivos (PENCHASZADEH, 1993) em meados dos anos 1990 e como pode ser visto em Reis, Santos e Mendes (2011) essa realidade continua a mesma. Já no Brasil, nos últimos anos as malformações congênitas representam uma das principais causas de mortalidade infantil, sendo cerca 11,2% dos óbitos nessa categoria (RAMOS; OLIVEIRA; CARDOSO, 2008).

Segundo Ramos, Oliveira e Cardoso (2008) o fator genético é uma das principais causas de malformações, correspondendo a algo em torno de 25 a 50% do total. Já os fatores ambientais, infecciosos, de radiação ou de administração de fármacos representam em torno de 3% e as causas desconhecidas totalizam 43 a 69%.

Identificar uma síndrome de anomalia congênita ainda precocemente pode alterar significativamente as possibilidades de tratamento. Sendo assim, é imprescindível a presença de um médico que consiga detectar e identificar características no paciente que venham a levantar hipóteses de malformações congênitas, para que assim o médico possa encaminhar o paciente a um geneticista.

Entretanto, essa identificação realizada pelo médico requer conhecimentos específicos. Dessa forma, é necessário que haja interesse pela área de genética, a fim de que o médico busque qualificações para conseguir identificar deformidades congênitas, sendo algumas, é claro, de fácil percepção, principalmente as que afetam o sistema osteomuscular.

Além disso, os problemas que afetam o sistema osteomuscular representam, segundo Ramos, Oliveira e Cardoso (2008), cerca de 30% dos casos de malformação. Ainda segundo estes autores, na Classificação Internacional de Doenças (CID), 10% possuíam mais de um

tipo de malformação congênita e, dentre estas, 58,3% de polidactilia e 16,7% ambos para pé torto e deformidade torácica. Isso mostra que os problemas que afetam o sistema osteomuscular estão presentes nas dismorfologias e que os mesmos precisam de tratamento, principalmente com o acompanhamento de um geneticista especializado.

O termo dismorfologia surgiu nos anos 1960 para substituir o termo teratologia. A dismorfologia é um ramo da genética médica que estuda malformações congênitas humanas, que literalmente significa o estudo da forma anormal, enfatizando anormalidades estruturais do desenvolvimento. Devido ao fato de que os médicos não gostam de serem chamados de teratologistas, a dismorfologia é o termo mais comumente utilizado (MCKUSICK, 2005).

Além disso, a dismorfologia estuda a malformação que afeta, muitas vezes, o desenvolvimento físico do paciente, trazendo problemas com a formação, por exemplo, do sistema osteomuscular, gerando ossos pequenos, tortos ou até mesmo a mais do que deveria existir, como a polidactilia, que é a presença de mais de 5 dedos nas mãos ou nos pés.

Dentro da dismorfologia existem, como citado anteriormente, as anomalias de malformação do sistema osteomuscular. E os problemas com a formação óssea também compõem um problema de malformação congênita e estão presentes em muitos pacientes que possuem, como chamado popularmente, “osso torto”, em membros como nariz, braço, queixo, pé e também a perna.

Como exemplo, a figura 7 ilustra uma perna vista lateralmente, em computação 3D, sem anormalidade e com normalidade, ou seja, um problema de malformação do sistema osteomuscular.

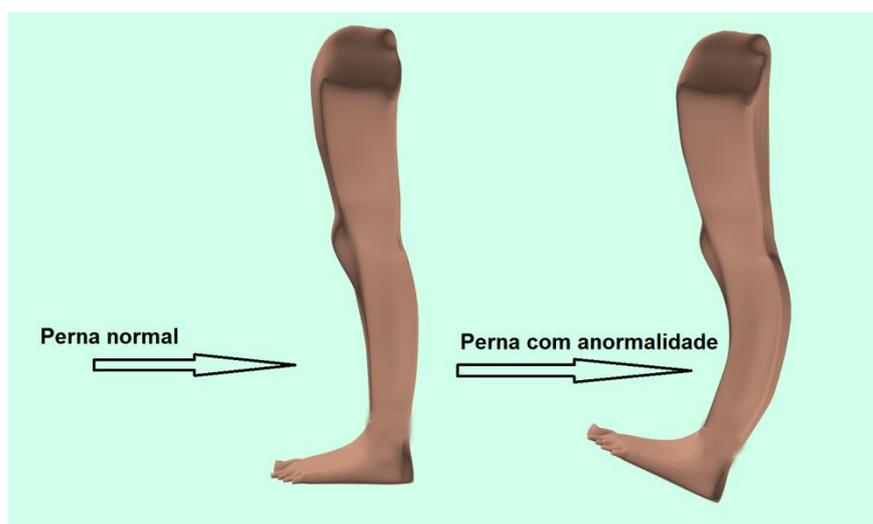


Figura 7. Perna vista lateralmente em computação 3D, sem anormalidade e com normalidade.

Dentro dessa perspectiva, é possível perceber que há a necessidade de tratamento desde o nascimento até a fase adulta, acompanhado por um médico e um geneticista especializado para estes tipos de anormalidades. Porém, como há uma grande carência de geneticistas no Brasil (HOROVITZ, 2003), programas de capacitação de médicos não geneticistas, principalmente em áreas específicas como dismorfologia, são de grande importância.

Entretanto, este não é o único problema. Os acidentes graves também geram anomalias no sistema osteomuscular com fraturas que muitas vezes necessitam de procedimentos médicos especializados para corrigir uma deformidade decorrente do acidente e para manipular um aparelho para correção dessas deformidades, como é o caso do sistema hexápode de Ilizarov. Nesses casos é necessário um conhecimento especializado e multidisciplinar que requer um aprendizado sobre sua estrutura matemática, sobre seu funcionamento (com isso surge a oportunidade de se utilizar ferramentas 3D, que são mais intuitivas) e sobre como se dá propriamente o processo de correção.

1.2 Educação médica

Durante algum tempo, diversas áreas do conhecimento vêm construindo metodologias para auxílio no processo de ensino-aprendizagem. Métodos de ensino e retenção de conhecimento já foram testados e aceitos pela área médica (R. NETO et al., 2011).

Embora existam muitos meios para se transmitir o conhecimento, ainda há áreas que precisam ser exploradas a fim de se buscar melhorias para o aprendizado. Um exemplo disso é na medicina, onde apesar de já existirem diversos métodos testados e aceitos (R. NETO et al., 2011), especificamente na ortopedia, no ensino do sistema hexápode de Ilizarov o professor ainda se depara com imensas dificuldades para falar sobre a correção de uma malformação óssea dentro de um espaço tridimensional (3D), principalmente utilizando os seis graus de liberdade possíveis pelo SHI, como afirma o *stakholder* desse projeto, o Dr. Eptácio Rolim Filho, médico atuante na área dos SHI e principal disseminador de conhecimento dessa área na cidade do Recife - PE.

Em decorrência disso, os médicos precisam de aperfeiçoamento para aprender a manusear os SHI dentro de um contexto onde deve ser levada em consideração a necessidade do conhecimento para trabalhos que exigem movimentos em três dimensões.

Visando preencher essa lacuna de ferramental didático, especialmente os que demandem uma visão tridimensional, surgiram os objetos de aprendizagem. Segundo Wiley

(2012), objetos de aprendizagem (OA) são tecnologias usadas para o desenvolvimento do aprendizado conforme seu potencial, disponível para reusabilidade, geração, adaptabilidade e escalabilidade. Além disso, os OA são elementos de uma nova maneira de instruir, baseados no paradigma de orientação a objetos da ciência da computação, que valoriza a criação de componentes que possam ser reusados em vários contextos; assim também é a ideia dos objetos de aprendizagem.

Além disso, segundo Moran, Masetto e Behrens (2000), cada vez mais o conhecimento é processado de forma multimídia, ou seja, juntando pedaços de textos de várias linguagens, superpostas simultaneamente, que compõem um mosaico impressionista, na mesma tela, e que se conectam com outras telas multimídia. Assim, a leitura se torna cada vez menos sequencial e a partir desse processo multimídia, a construção do conhecimento se torna mais “livre”.

Ademais, o aprendizado multimídia contribui para que a utilização dos objetos de aprendizagem multimídia (OAM) se torne, cada vez mais, uma ferramenta de ensino para a construção do conhecimento, e, dessa forma, possa auxiliar o aprendizado na educação médica, neste caso particular, no ensino do sistema hexápode de Ilizarov.

Entretanto, atualmente não há uma forma concreta, um roteiro padrão ou um guia de melhores práticas para tornar a criação de OAM estruturada ou até mesmo documentada. O que geralmente ocorre é que surge uma necessidade, é feito um protótipo e, sendo este aprovado, é utilizado. A partir disso surgiu a necessidade de se utilizar um *framework* da Engenharia de *Software* para acompanhar o processo de desenvolvimento dos OAM, tornando-os claros e objetivos de acordo com a necessidade do instrutor, órgão, empresa ou cliente.

1.3 Engenharia de *software* e computação gráfica

A engenharia de *software* é conhecida hoje como essencial para os grandes projetos de *software* que requerem controle de qualidade, possibilidades de reuso e satisfação do cliente em tempo hábil e a um custo razoável (TAHIR; AHMAD, 2010).

Um dos principais problemas com o desenvolvimento de *software* é a documentação do mesmo (RAMACHANDRAN, 2012). Um *software* mal documentado ou mal gerenciado gera transtorno para ambos, cliente e empresa de desenvolvimento, pois possivelmente diversas funcionalidades precisarão ser refeitas, gerando perda de tempo e dinheiro.

Para solucionar esses problemas, a engenharia de *software* surgiu com o intuito de organizar e estruturar o processo de gerência e desenvolvimento de *software*. Igualmente, com a estruturação da criação, desenvolvimento e manutenção de *software* surge a engenharia de requisitos, focada em como capturar informações suficientes para que o projeto de *software* não necessite de mudanças drásticas futuras, devido a informações incorretas ou mal formuladas em conversas e reuniões com os clientes (TAHIR; AHMAD, 2010).

Porém, este não é um processo simples. Segundo Ghai e Kaur (2012), reunir os requisitos do usuário é um primeiro passo crítico de qualquer projeto e, talvez, um dos projetos mais desafiadores da competência de gestão.

Assim, como em qualquer projeto de *software*, os objetos de aprendizagem multimídia também tem um crítico processo de coleta de requisitos. Contudo, atualmente não foram encontrados resultados que mostrassem a coleta de requisitos de objetos de aprendizagem com o uso de metodologias de engenharia de *software*, conforme mostra o capítulo de resultados da pesquisa realizada por esse trabalho. Dessa forma, este trabalho também propõe a instanciação e o uso de um *framework* de projetos que é utilizado na engenharia de *software* para gerência do processo de desenvolvimento e qualidade de *software*, o Scrum (SCHWABER; SUTHERLAND, 2013).

Entretanto, a escolha do Scrum como metodologia para uso em projetos de *software* 3D se deu devido à sua utilidade e fácil de adaptação a projetos genéricos, possibilitando aperfeiçoá-lo ou adaptá-lo a outras metodologias para construção de projetos (SCHWABER; SUTHERLAND, 2013).

1.3.1 Computação gráfica

A computação gráfica é uma área da ciência da computação que visa gerar imagens, em geral um modelo, que represente a recriação de um mundo ou situação real. É bastante utilizada para gerar animações e jogos virtuais. Surgiu em meados dos anos 1960 e, com isso, foi possível realizar diversos avanços em diversas áreas do conhecimento.

Com o avanço tecnológico diversas técnicas para desenhar modelos em computação gráfica foram desenvolvidas, tais como: modelagem a partir de imagens; modelagem manual e por camadas, em particular, técnicas que possibilitam representar situações reais com modelagem em três dimensões (3D) ou com realidade virtual.

Segundo Silva (2001, p. 123) “a realidade virtual surgiu como opção de lazer, onde a possibilidade do usuário fazer parte de um mundo diferente do seu tornou-se atrativa”. É por

meio da computação gráfica que isso é possível, criando mundos virtuais e objetos de aprendizagem 3D. Partindo disso, muitas áreas do conhecimento, tais como educação, medicina, física, química e arquitetura, dentre outras, passaram a usar a computação gráfica como ferramenta.

Um exemplo de utilização de computação gráfica nas grandes áreas acadêmicas é a construção de plantas de prédios na engenharia civil, onde ferramentas como o Autocad são utilizadas para modelar e demonstrar para o cliente o provável resultado do trabalho após a construção, finalização e até mesmo estética arquitetural.

Na medicina é possível utilizar gráficos, imagens computacionais, gerar malhas tridimensionais a partir de imagens médicas, e gerar OA que podem ser utilizados para programas de capacitação, por exemplo.

Na visão de Dev (1999), um dos principais objetivos da educação médica é o de ensinar a detecção (diagnóstico) e a resolução de problemas, com base em amplos conhecimentos e experiência, bem como a análise de cada doente. Vale ressaltar ainda que, durante o processo de aprendizado, as imagens constituem um elemento essencial da aprendizagem de conteúdos.

Portanto, o processo de aprendizagem carece de recursos tecnológicos que venham a potencializar a captação, aprendizagem e memorização, por meio de sons e imagens. Nesse sentido, os OA apresentam uma particularidade com os objetos de aprendizagem 3D, pois possibilitam a transmissão visual do conhecimento. Assim, é possível nortear o conhecimento com demonstrações visuais e explicações simultâneas às imagens exibidas, conduzidas pelo professor.

Por fim, vale ressaltar que a proposição deste trabalho foi inicialmente estimulada pela identificação da necessidade de um médico, da Associação de Assistência à Criança Deficiente (AACD), de trabalhar no ensino do sistema hexápode de Ilizarov a seus residentes. Dada a dificuldade natural de se ensinar algo tridimensional sem um ferramental apropriado, vislumbrou-se a necessidade de se criar objetos de aprendizagem em 3D como elemento do processo de aprendizagem desses médicos, mas também se optou pela utilização de métodos da engenharia de *software* como base para gerenciar o processo de desenvolvimento dos objetos propostos, o que será uma contribuição teórica para a área.

2. Objetivos

2.1 Objetivo geral

Como objetivo geral desta dissertação foi definido o desenvolvimento de objetos de aprendizagem multimídia, gerenciados pelo *framework*, Scrum, da engenharia de *software*, para o processo de ensino-aprendizagem do Sistema Hexápode de Ilizarov. A seguir são apresentados os objetivos específicos que nortearam este trabalho.

2.2 Objetivos específicos

- Adaptar o *framework* Scrum para levantamento de requisitos e acompanhamento do desenvolvimento dos objetos de aprendizagem 3D;
- Criar um OA em 2D com a explicação das partes que compõe um sistema hexápode de Ilizarov;
- Criar um OA em 3D com a explicação do funcionamento dos seis graus de liberdade;
- Criar um OA em 3D com a demonstração entre o antigo método de Ilizarov e a nova metodologia utilizada;
- Criar um OA em 3D com a demonstração de correção de um problema com malformação do sistema osteomuscular na perna;
- Avaliar o nível de compreensão dos objetos desenvolvidos com médicos não especialistas em SHI.

O capítulo II apresenta e discute sobre as principais referências teórico-conceituais que subsidiaram a proposição, a realização e a avaliação dos resultados da pesquisa empírica envidada.

Já o capítulo III mostra os materiais e métodos utilizados para construção desse trabalho, com a metodologia da pesquisa sistemática da literatura, a adaptação do Scrum e a avaliação que foi realizada pelos médicos.

Por fim, o capítulo IV discute os resultados obtidos com a construção desse trabalho, além de mostrar os resultados da pesquisa sistemática da literatura e do processo de avaliação realizado com os médicos residentes e especialistas em ortopedia.

Capítulo II

O capítulo II tem o propósito de refletir sobre as três grandes áreas que envolvem este trabalho: as plataformas hexápodes, os objetos de aprendizagem e a engenharia de *software*.

2. Referencial teórico

Esta seção visa descrever o referencial teórico-conceitual que foi utilizado por esta pesquisa, procurando fundamentar os estudos relativos a abordagens da construção de OAM, utilizando o *framework* Scrum da engenharia de *software* em um contexto médico para ensinar as plataformas de Stewart a médicos residentes.

2.1 Plataformas hexápodes e plataformas de Stewart

As plataformas que utilizam princípios do movimento hexápode são comumente chamadas de plataformas de Stewart (WUKICH; BELCZYK, 2006). Aliás, muitos sistemas de automação utilizam conceitos da natureza, como o biomimetismo. Esses sistemas consistem em estudos de estruturas biológicas e suas funções, procurando aprender, criar soluções e estratégias para o uso em diferentes segmentos da ciência.

Entretanto, para isso é preciso definir as especificações e configurações de cada problema que se busca solução (JIA; LIN; LIU, 2010), a fim de se obter a mais apropriada, tendo em vista que para as plataformas hexápodes, por exemplo, é possível encontrar diversas soluções em função do número de graus de liberdade que esse mecanismo proporciona (MAIA et al., 2013); os graus de liberdade são os possíveis movimentos realizados por um objeto em um determinado ambiente.

Em adição a isso, Mello (2011) completa que estes mecanismos, também chamados de PS, consistem em uma estrutura cinemática paralela que pode ser usada para controlar ou gerar movimentos em seis graus de liberdade (YAO et al., 2011).

Esse mecanismo, citado por Mello (2011, p. 25) e Chung, Chang e Lin (1999, p. 1), consiste em uma placa estacionária (base) e uma placa móvel (efetuador) que são conectadas por seis elos (TORRI et al., 2012). Na mesma concepção Dasgupta e Mruthyunjaya (1998, p. 1) afirmam que uma PS é “um mecanismo de seis graus de liberdade com os dois corpos ligados entre si por seis pernas extensíveis”. Cada um desses elos é formado por um atuador

linear e duas juntas posicionadas nos extremos dos atuadores (LIN; CHEN, 2009), como pode ser visto na figura 8.

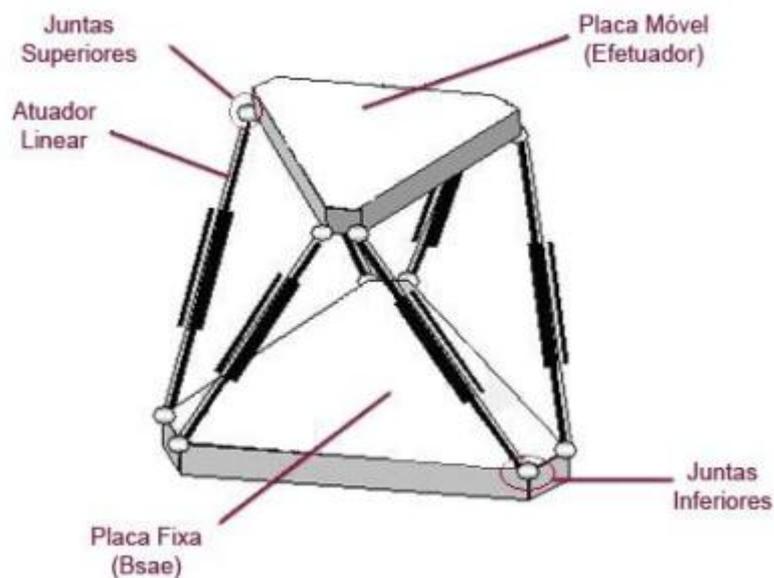


Figura 8. Manipulador de hexápode conhecido como plataforma de Stewart

Fonte: Mello (2011, p. 25).

Dessa forma, os atuadores lineares da figura 8 podem se movimentar de forma independente (PEDRAMMEHR; MAHBOUBKHAH; KHANI, 2012). Porém, ao se utilizar um manipulador como este, deseja-se obter um estado final no plano tridimensional, sendo para isso necessário que haja uma combinação dos comprimentos de todos os atuadores (MELLO, 2011).

Então, com a combinação dos seis movimentos dos atuadores lineares, obtêm-se três movimentos de translação e três de rotação da placa móvel (NEGASH; MITRA, 2010). Segundo Geng *et al.* (1992, p. 4), “as plataformas de base e móvel são consideradas corpos rígidos e a posição e o movimento da plataforma móvel relativamente para a plataforma de base pode ser determinado por três translações e três rotações sucessivas efetuadas numa sequência específica”.

Para explicar esses movimentos, é necessária a representação em três planos, por isso a figura 9 mostra um exemplo da simulação de um ambiente em três dimensões (3D), onde os três planos (lateral, frontal e transversal), criam três eixos (superior, lateral e frontal) (CHOI; KIM; YI, 2007).

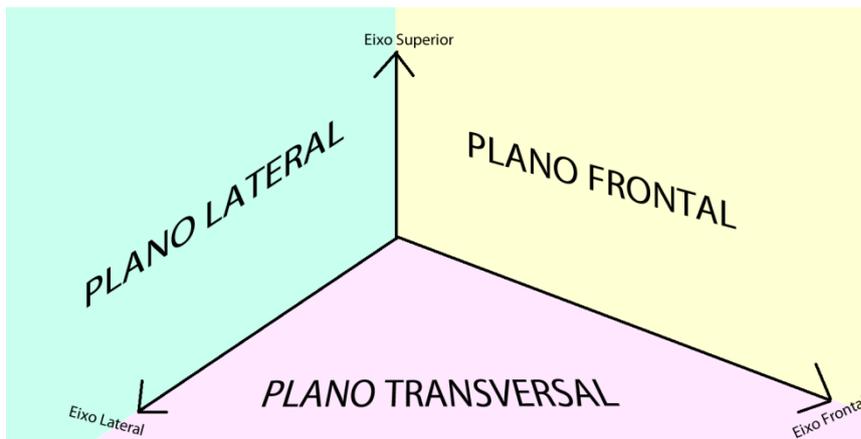


Figura 9. Simulação de um plano 3D.

Em virtude disso, cada eixo permite a realização de dois movimentos: rotação e translação. A figura 10 mostra os três movimentos possíveis de rotação com relação a cada eixo no plano 3D.

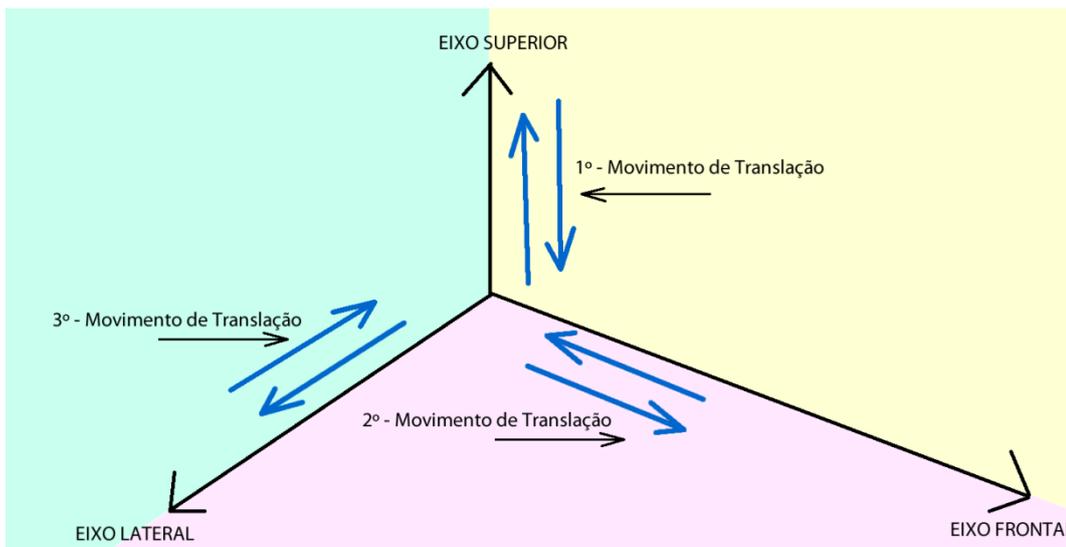


Figura 10. Movimentos de translação com relação a cada eixo.

Igualmente, também é possível realizar três movimentos de rotação com relação a cada eixo no mesmo plano 3D, conforme mostra a figura 11.

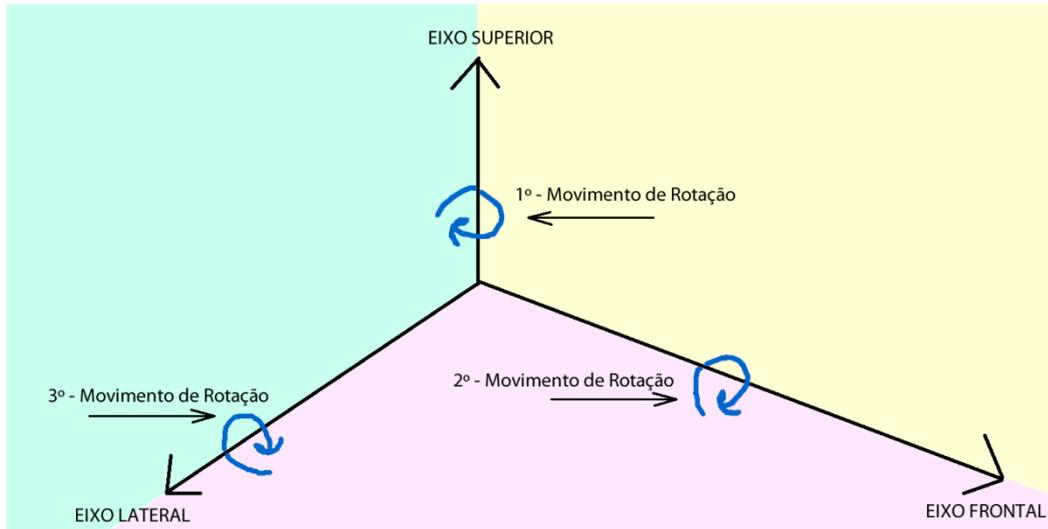


Figura 11. Movimentos de rotação com relação a cada eixo.

Sendo assim, somando-se os três movimentos de translação, ilustrados na figura 10, com os três movimentos de rotação, ilustrados na figura 11, é possível verificar que uma PS permite realizar movimentos em seis graus de liberdade.

Porém, uma importante observação foi exposta por Mello (2011) e também por Ay, Vantadas e Hacioglu (2009). Eles explanam que a plataforma de Stewart pode possuir variações entre a placa móvel e a placa base, ou seja, uma PS pode possuir $m-n$ pontos articulados entre a placa superior e a base, como ilustra a figura 12.

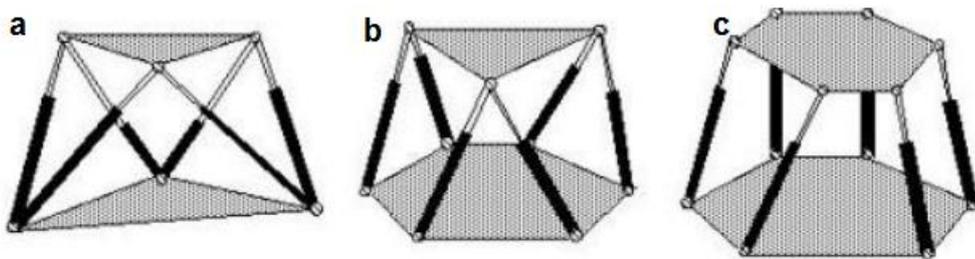


Figura 12. Diferentes tipos de MPS quanto à geometria (a)3-3 (b) 6-3 (c) 6-6

Fonte: Mello (2011, p. 26).

Cada um dos diferentes tipos de PS possui graus de liberdade respectivos, ou seja, 3-3, 6-3 e 6-6. O máximo que se pode obter são os seis graus de liberdade citados, o que consiste em calcular a mobilidade do mecanismo e o número de parâmetros independentes necessários para especificar completamente a sua configuração no plano ou espaço. Saltaren *et al.* (2011) explanam que a escolha de um tipo de PS 6-6 ou 6UPS apresenta várias alternativas e que isso depende dos critérios adotados. Já Mello (2011, p. 26 e 27), apresenta o cálculo que permite

conhecer os graus de liberdade (GDL) de um mecanismo (equação 1), para que assim seja possível identificar os critérios que serão utilizados e o tipo de PS escolhido de acordo com a necessidade de uso.

$$n_{GDL} = \lambda (n - j - 1) + \sum_{i=1}^j g_i - I_f \quad (1)$$

Onde,

n_{GDL} = Número de graus de liberdade do sistema;

λ = Graus de liberdade do espaço onde o mecanismo está

($\lambda=3$ para o caso planar e $\lambda=6$ para o caso espacial);

n = Número de elos fixos do mecanismo incluindo a base e a parte móvel;

j = Número de juntas no mecanismo;

g_i = Graus do movimento relativo por junta;

I_f = Número de graus de liberdade passivos do mecanismo.

Para o mecanismo que usa a configuração 6-6 tem-se $\lambda=6$, $n=14$ (os dois extremos das seis pernas, a plataforma móvel e a base), $j_1=6$ dos atuadores lineares; $j_2=6$ das articulações universais de 2 graus de liberdade; $j_3=6$ das articulações esféricas de 3 graus de liberdade; logo $j=18$; $I_f=0$ pois não há grau de liberdade pela configuração cinemática (MELLO, 2011, pág. 27), então substituindo esses valores na fórmula (1):

$$n_{GDL} = 6(14-18-1)+(6 \times 1+6 \times 2+6 \times 3) - 0 = 6$$

Logo, sabe-se que há seis possíveis graus de liberdade para um mecanismo de Stewart que usa configuração 6-6, semelhante à figura 12 (b) e figura 12 (c).

Com isso, as PS podem realizar movimentos em um ambiente 3D de duas formas: partindo de um ponto no espaço (placa móvel) e atingir outro determinado ponto (cinemática); e sair de um ponto no espaço e retornar a uma configuração inicial onde os pontos centrais da plataforma base e da superior se encontram ao final da trajetória, como se existisse um plano de voo (CHEN; LIAO, 2011). Esse movimento é chamado de cinemática inversa. Por exemplo, a figura 13 ilustra uma PS em seu estado inicial, onde se deseja realizar cinemática inversa, ou seja, retornar a placa superior (móvel) para que o ponto dela se encontre com o ponto da placa base (fixa).

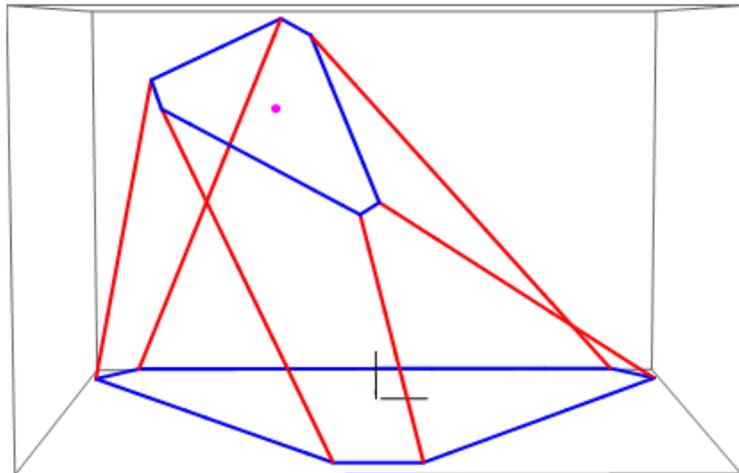


Figura 13. Representação gráfica da cinemática inversa

Fonte: Mello (2011, p. 32).

Sendo assim, é possível chegar à posição desejada entre as figuras 13 e 14, ou seja, o ponto (A) irá se encontrar com o ponto (B).

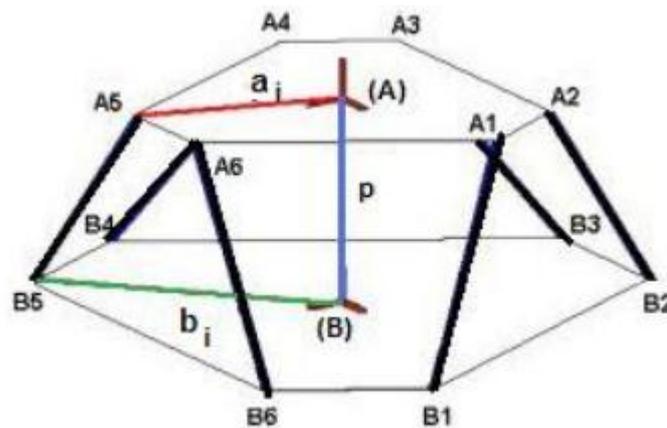


Figura 14. Esquemático dos vetores para cinemática inversa

Fonte: Mello (2011, p. 32).

2.1.1 Aplicações com plataforma de Stewart

As plataformas de Stewart são utilizadas em diversos segmentos da engenharia e da robótica, com aplicações nas áreas de simulação de voo, de trajetória de navios, simuladores de automóveis e até mesmo cirurgia ortopédica.

Com relação à simulação de voo, as estruturas que apoiam a simulação surgiram na década de 1960 (TRAVI, 2009) e até os anos 1980, com novas tecnologias surgindo, as plataformas passaram a possuir novos mecanismos e, por conseguinte, o uso das PS se expandiu e houve um aumento no número de sistemas de simulação de voo (HERDON; CRAMER; SPRONG, 2008). Na figura 15 pode-se observar um simulador de voo utilizando mecanismos de plataforma de Stewart.



Figura 15. Simuladores de avião

Fonte: Travi (2009, p. 22).

Para essa simulação de voo, a plataforma de Stewart simula um mecanismo robotizado onde movimentos espaciais complexos são necessários para se conseguir manter uma estrutura em determinada posição (OMURLU et al., 2009).

Outros modelos eletro-hidráulicos também foram desenvolvidos (WASILEWSKI; KAWAKAMI, 2012), como modelo dinâmico de uma PS 6-6, e esses podem ser utilizados para muitas funcionalidades, dentre elas a simulação de voo (KLUMPER et al., 2012). A figura 16 ilustra um modelo, apresentado por Davliakos e Papadopoulos (2007 e Meng *et al.* (2012), que utiliza os atuadores lineares acionados eletronicamente, o que possibilita seu controle por computadores.

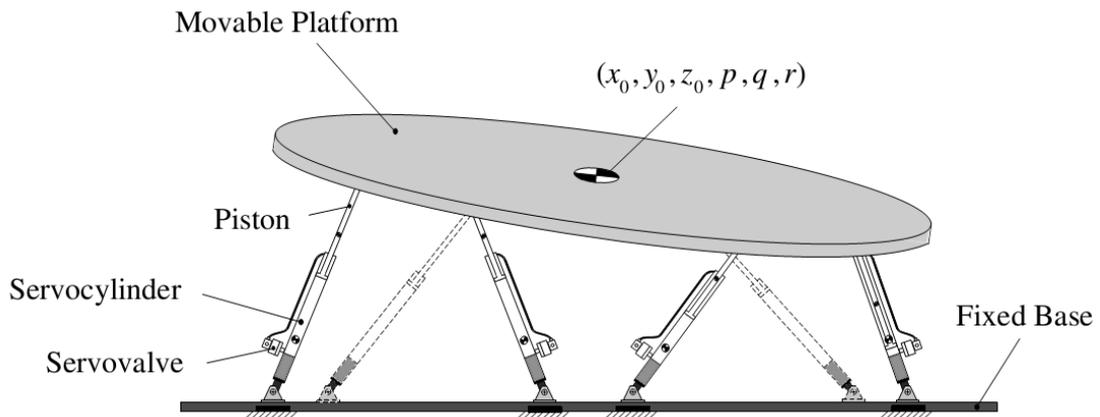


Figura 16. Visão esquemática de uma plataforma 6-6

Fonte: Davliakos e Papadopoulos (2007, p. 1388).

Outras áreas também utilizam PS em diferentes aplicações (FRAGUELA; FRIDMAN; ALEXANDROV, 2012). Uma importante área que recentemente veio a introduzir a robótica é a medicina, visando melhorar o desempenho das cirurgias (BRANDT et al., 1996), por exemplo.

Na medicina, um importante papel foi desempenhado com o método de Ilizarov que, embora tenha tido como função original o alongamento de membros, com a eficácia do Fixador Externo de Ilizarov (FEL) ele também passou a ser utilizado em outras aplicações cirúrgicas ortopédicas. O método de fixação de Ilizarov foi utilizado para uma variedade de procedimentos como a correção da deformidade, trauma, reparação, etc. (LEE; DUONG; CHANG, 2010, p. 327).

Consequente, o FEL foi utilizado para o *Taylor Spatial Frame* (TSF) (MOLLOY; ROCHE; NARAYAN, 2009) (figura 17) que é um aparelho semelhante ao Sistema Hexápode de Ilizarov (SHI) (figura 18), e tem sido utilizado com sucesso em correção de deformidades ósseas em pacientes, pois possui um moderno sistema de seis eixos que são inseridos na deformidade óssea e, com a ajuda de um programa de computador, propõe a correção óssea.

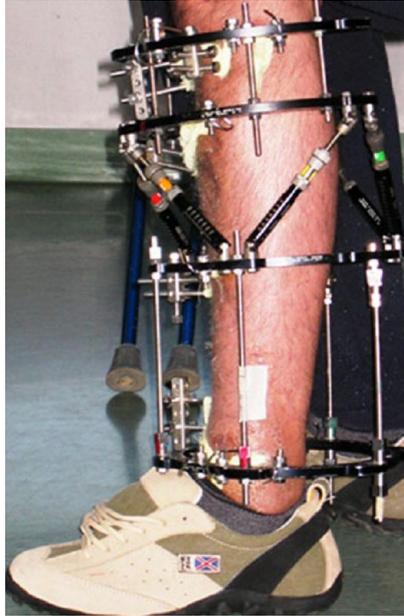


Figura 17: *Taylor Spatial Frame* implantado na perna de um paciente

Fonte: Sala, Talamonti e Agus (2011, p. 154).



Figura 18: Sistema de Ilizarov Hexápode na perna de um paciente

Fonte: Litos (2006, p. 4).

Além disso, existem outros tipos de aparelhos que utilizam princípios de PS para correção de deformidades ósseas. Uma ferramenta inovadora para tratar de reduções de fraturas pode ser visto em Ye e Chen (2009).

2.2 Objetos de aprendizagem e a construção do conhecimento

Esta seção discute sobre a construção do conhecimento dentro da sociedade da informação, onde os métodos de ensino conhecidos passaram por transformações naturais, em virtude do crescimento tecnológico.

Graças a esse crescimento, novas formas para que o conhecimento seja compreendido e captado foram, cada vez mais, ganhando amplitude, se integrando, se conectando e se relacionando com o aprendizado e o raciocínio, fortalecendo assim a ideia de que o processo da informação acontece de várias formas e em diversos universos culturais (MORAN; MASETTO; BEHRENS, 2000).

Uma das formas mais habituais para o processo de aprendizagem é o processamento lógico-sequencial, que é expressado pela linguagem falada e escrita onde há a construção do sentido aos poucos, em sequência de espaço ou tempo dentro de uma codificação definida, no caso, a língua (MORAN; MASETTO; BEHRENS, 2000).

Porém, complementam os recém citados autores, atualmente as informações transmitidas aos alunos são processadas, cada vez mais, também de forma multimídia, juntando pedaços de textos de várias linguagens superpostas simultaneamente. Sendo assim, a leitura é cada vez menos sequencial.

Com isso surgem os OA, que segundo Wiley (2012) seriam tecnologias escolhidas naquela época para a próxima geração de projeto instrucional, usados para o desenvolvimento do aprendizado conforme seu potencial para reusabilidade, geração, adaptabilidade e escalabilidade. Além disso, os OA foram elementos de um nova maneira de instruir baseados no paradigma da orientação a objetos da ciência da computação, que assim como a orientação a objetos, valoriza a criação de componentes que possam ser reusados em vários contextos (CECHINEL; SÁNCHEZ-ALONSO; GARCÍA-BARRICONAL, 2011).

Dentro dessa perspectiva, Baki e Çakiroğlu (2010, p. 1) completam essa afirmação:

Objetos de aprendizagem são pequenos em tamanho, recursos digitais reutilizáveis que podem ser usados na web. Uma curta definição explicativa sugerida para os objetos de aprendizagem como ferramentas interativas baseadas na web, feitas para melhorar, ampliar e orientar a aprendizagem (Kay & Knaack, 2007). Polsani (2003) propõe uma definição ampliada sobre o LOs: "unidades de aprendizado de conteúdos independentes e auto-posto em predisposição para a reutilização em contexto instrucional múltiplo. O oposto do método de ensino tradicional, que só pode ser usado em um lugar de cada vez ", os objetos de aprendizagem podem ser reutilizados em diferentes contextos. E essa característica de reutilização é baseada no paradigma orientado a objetos da ciência da computação, que é a principal diferença entre objetos de aprendizagem e ferramentas da web clássicas. Os objetos podem ser textos, vídeos, áudios, gráficos e multimídia.

Dentro dessa perspectiva é possível perceber que os OA contribuem significativamente, principalmente por ser uma ferramenta interativa baseada na web, assim ampliando as possibilidades de ensino disseminação do conhecimento.

Além disso, os objetos de aprendizagem geralmente estão disponíveis na Internet, o que os torna acessíveis por um número maior de pessoas, diferentemente dos objetos tradicionais, como fitas de vídeo, projetores ou até mesmo livros, que estão acessíveis apenas em um lugar por vez, e muitos são diferenciados por utilizar OA específicos, mas em diferentes contextos (OLIMPO et al., 2010).

Ainda segundo Wiley (2012), o termo “objetos de aprendizagem” veio do Comitê de Padrões de Tecnologia de Aprendizagem (CPTA) para descrever esses pequenos componentes instrucionais, termo este que foi usado por Wayne em 1994, em um título do grupo de trabalho.

Para Wiley (2012), o termo pode ser conceituado como:

(...) uma entidade, digital ou não-digital, que pode ser usada, reusada ou referenciada durante o ensino com suporte tecnológico. Exemplos de ensino com suporte tecnológico incluem sistemas de treinamento baseados no computador, ambientes de aprendizagem interativa, sistemas instrucionais auxiliados por computador, sistemas de ensino a distância e ambientes de aprendizagem colaborativa. Exemplos de Objetos de Aprendizagem incluem conteúdo multimídia, conteúdos instrucionais, objetivos de ensino, *Software* instrucional e *Software* em geral bem como pessoas, organizações ou eventos referenciados durante a aprendizagem apoiada por tecnologia

Ainda segundo os estudos apresentados por Wiley (2012, p. 17) sobre os objetos de aprendizagem, pode-se verificar suas principais características:

- Número de elementos combinados: descreve o número de elementos individuais (como *clipes* de vídeo, imagens, etc.) combinados para formar o objeto de aprendizagem;
- Tipo de objetos contidos: descreve os tipos de objeto de aprendizagem que podem ser combinados para formar um novo objeto de aprendizagem;
- Componentes de objetos reutilizáveis: descreve se os objetos que constituem o objeto de aprendizagem podem ou não ser acessados e reusados individualmente em novos contextos de aprendizagem;
- Função comum: descreve a maneira na qual o tipo de objetos de aprendizagem é geralmente usado;
- Dependência de objeto extra: descreve se o objeto de aprendizagem necessita de informações (como local na rede) sobre outros objetos de aprendizagem;
- Tipo de lógica contida no objeto: descreve a função comum de algoritmos e procedimentos dentro do objeto de aprendizagem;
- Potencial para reutilização intercontextual: descreve o número de diferentes contextos de aprendizagem em que o objeto de aprendizagem poderia ser usado, isto é, o potencial do objeto para ser reutilizado em áreas de conteúdo ou domínios diferentes;
- Potencial para reutilização intracontextual: descreve o número de vezes que o objeto de aprendizagem poderia ser reutilizado dentro da mesma área de conteúdo ou domínio.

Com o uso dessa abordagem, somada à computação gráfica, pode-se então obter os objetos de aprendizagem 3D (OA3D), ou objetos de aprendizagem multimídia (OAM), que são ferramentas gráficas combinadas e utilizadas como elementos de instrução, aprendizagem e troca de conhecimento, seja entre professores e alunos, seja entre profissionais.

2.2.1 Objetos de aprendizagem multimídia

O uso de recursos multimídicos para construção do conhecimento ou utilização em salas de aula com a intenção de facilitar, diversificar e contextualizar a construção do

conhecimento vem cada vez mais tomando espaço e contribuindo com sucesso para o uso em projetos instrucionais (COCHRANE, 2005).

No ponto de vista de Moran, Masetto e Behrens (2000) e Conceição *et al.* (2011), a construção desse conhecimento a partir de um processamento multimídico é mais livre, menos sequencial e rígido, com um apelo maior por conexões sensoriais e principalmente pelo apelo visual. Assim, o seu uso se torna viável quando é necessário dar respostas imediatas e ter que se situar rapidamente dentro de um contexto (NAJJAR; DUVAL, 2003). Dessa forma os objetos multimídicos são melhores utilizados para o processamento da informação.

No que concerne ao uso da tecnologia em sala de aula, Conceição *et al.* (2011) completam afirmando que aprender com a tecnologia é usar essas ferramentas no apoio aos processos de reflexão e de construção do conhecimento (ferramentas cognitivas). Nesse caso, a questão determinante não é a tecnologia em si mesma, mas a forma de encarar essa mesma tecnologia, usando-a, sobretudo, como estratégia cognitiva de aprendizagem, o que muitas vezes proporciona o reuso de OA inteligentes, que através do uso de inteligência artificial podem contribuir com o uso dessa estratégia (SILVA; VICARI, 2010).

Já na concepção de Haughey e Muirhead (2005, p. 6), é possível identificar "oito princípios preliminares de *design* multimídia, cada um com base na teoria cognitiva e apoiado pela pesquisa empírica", assim os autores completam que:

Na concepção de seus experimentos, Mayer exigia para que os estudantes resolvessem um problema, ou explicassem por que fez ou não algo ocorrer. De seus estudos, ele descobriu que os alunos aprendem mais profundamente a partir de uma apresentação multimídia (animação narrada) do que com uma explicação verbal sozinha, e que aprende mais com palavras e imagens que só a partir de palavras. Ele achou que era melhor fornecer animação e narração ao mesmo tempo, em vez da forma consecutiva. Palavras estranhas, sons e vídeos, e enquanto isso é exposto o texto principal, a atenção e aprendizagem dos alunos podem ser afetadas de forma negativa. Sendo assim, tendo ambos a imagem e o texto na tela o processamento sensorial dos alunos pode ter uma sobrecarga e interferir na aprendizagem. Em vez disso, narrar o texto garante que isso seja evitado e os alunos possam se concentrar na animação.

Então, dentro dessa visão é possível perceber que há interação significativa entre os alunos e os interlocutores utilizando OAM, porque o apelo maior ao sensorial é explorado quando os objetos multimídia são utilizados; assim, usar OAM3D também pode ser uma extensão dos OAM e permitem uma melhor interpretação visual e sensorial do objeto em questão (PIZLO *et al.*, 2009).

Ora, os objetos com uso para construção do conhecimento tornam-se uma ferramenta poderosa para o ensino, embora as formas hipertextuais e lógico-sequencial sejam necessárias, mas provavelmente, afirmam Moran, Masetto e Behrens (2000), é possível obter maior repercussão se começar a lidar com a informação primeiramente pela forma multimídica e isso é possível inclusive pelo uso da internet, que disponibiliza um grande número de OAM que podem ser reutilizados em diversos contextos (SANTIAGO; RAABE, 2010).

Contudo, os objetos de aprendizagem são de essencial uso em algumas áreas de ensino, muitas dessas áreas inclusive possuem grandes repositórios de objetos e muitos desses objetos são avaliados pela própria comunidade que os utiliza (YEN et al., 2010). Esse é o caso da medicina, onde alguns procedimentos médicos requerem construção do conhecimento sobre áreas multidisciplinares e que, em muitos casos, necessitam de explicações em três dimensões (3D), conhecimentos avançados de robótica e visualizações gráficas que permitam que um médico, por exemplo, construa o seu conhecimento acerca de determinado problema ou situação.

E é a partir dessa percepção que surgem os OA aplicados à saúde, devido à necessidade de se obter respostas rápidas na construção do conhecimento, seja para causar um entendimento *a priori* de um problema para em seguida ser aplicado o processo lógico-sequencial e posteriormente o hipertextual, ou até mesmo para construir uma abordagem mais genérica sobre o conhecimento necessário para entendimento de procedimentos futuros, por exemplo.

2.1.2 Objetos de aprendizagem na saúde

Com o avanço dos procedimentos médicos, acompanhado ou até mesmo promovido pelo avanço tecnológico, diversos recursos de ensino para educação médica foram desenvolvidos, como OA3D. No Brasil, um dos maiores exemplos disso é o Projeto Homem Virtual (2013), capitaneado pela Universidade de São Paulo.

Internacionalmente, muitos repositórios para armazenamento de OA surgiram (KYBARTAITE; NOUSIAINEN; MALMIVUO, 2010). Um dos principais e internacionalmente mais conhecidos repositórios é o Recurso Educacional Multimídia de Aprendizagem e Ensino *Online*, do inglês *Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching* (MERLOT), que segundo Nangia (2010), é uma coleção crescente de

materiais de ensino-aprendizagem *online*, revisada por pares, que serve para várias disciplinas e que tem sido desenvolvido por um consórcio internacional de agências e instituições.

Segundo Cochrane (2007, p. 4), esse é um método fácil para encontrar objetos de diversas naturezas. Ele ainda cita que:

Os repositórios geralmente consistem em bases de dados pesquisáveis, online e muitas vezes incluem avaliações dos objetos de aprendizagem em suas coleções. Uma coleção de links úteis para encontrar objeto de aprendizagem está hospedado pela Universidade de Alberta (*Academic Advanced Distributed Learning*, Co-Lab, 2004). O site também fornece uma breve descrição e uma visão geral de cada repositório, dando uma boa comparação de cada um.

No Brasil, por exemplo, existe o Banco Internacional de Objetos Educacionais, (BIOE, 2013) que possui objetos educacionais de ensino de acesso público em vários formatos e para todos os níveis de ensino. Durante a realização deste trabalho havia cerca de vinte mil objetos publicados e cerca de quatro milhões e meio de visitas, de 181 países.

Dentre os projetos brasileiros que criaram estes objetos de aprendizagem na área médica está o Projeto Homem Virtual, que consiste no desenvolvimento de imagens tridimensionais das estruturas do corpo humano, utilizando recursos de computação gráfica, com imagens dinâmicas que reproduzem os componentes do corpo humano, de moléculas a músculos, apresentando o conhecimento científico de maneira objetiva, simples e rápida. É possível compreender não só a anatomia e a fisiologia, mas também há a demonstração de patologias, ações dos medicamentos e das técnicas de procedimentos cirúrgicos.

Outros projetos também contribuem para a construção de objetos de aprendizagem para saúde (WINDLE et al., 2010), como é o caso do projeto criado por Ribeiro (2009), para identificação de dismorfologias utilizando os OA3D. Já outros buscam a reutilização dos OA existentes (WINDLE et al., 2011), tornando o custo para produzir um OA3D mais barato que construir do zero, em ferramentas genéricas, como ferramentas para criar objetos 3D, fazer edição de vídeo e etc., embora existam ferramentas que reduzem o custo e tempo de produção com OAM (BATTISTELLA; WANGENHEIM; WANGENHEIM, 2010).

Para este trabalho o problema de saúde originou-se do fato de que era difícil se explicar algo sobre o funcionamento do SHI utilizando apenas ferramentas 2D. O coordenador da equipe de ortopedia da AACD objetivava então, desenvolver em conjunto com a UFRPE, um conjunto de OAM3D que pudesse ser utilizado em suas aulas junto aos

residentes ou ainda no aconselhamento e informativo junto aos pacientes que receberiam o tratamento com esse tipo de instrumental.

2.3 Engenharia de *software*

Nas últimas décadas os sistemas de informação (SI) trouxeram para a sociedade imensas facilidades e meios de comunicação antes inexistentes. Inúmeros *software* são desenvolvidos a cada dia a fim de sanar problemas ou necessidades em diversas áreas do conhecimento.

Visando contribuir com a qualidade no desenvolvimento e manutenção desses SI surgiu a Engenharia de *Software* (ES), que segundo Silva Filho (2011) compreende o uso de princípios e conhecimentos científicos obtidos a partir de estudos, investigações e experiências, visando o desenvolvimento de um produto que, dependendo da área, pode ser um motor, um dispositivo eletrônico, um prédio ou um sistema de *software*. Já para Ramachandran (2012, p. 1) a ES envolve um conjunto de atividades disciplinadas que são baseadas em normas e procedimentos bem definidos.

Assim, em um contexto de *software* é possível perceber que há necessidade de um controle de qualidade, de um projeto estruturado, com testes, estudos e investigações, passando assim a ser classificado como engenharia.

Segundo Ghai e Kaur (2012, p. 1),

A engenharia de *Software* é a parte mais integrada da indústria a partir de meados dos anos noventa. A indústria de *Software* tornou-se uma atividade econômica significativa a partir das últimas décadas. E o desenvolvimento de *Software* está sujeito a erros por causa de muitas atividades de trabalho intensivo. Todos os anos há mais dispositivos baseados em *Software* que são funções fundamentais para a sobrevivência humana. As chances de desastres e falhas destes dispositivos baseados em *Software* tem aumentado bastante.

Com isso, é possível perceber que o uso da ES tem cada vez mais intensificado sua adoção, seja para o desenvolvimento de dispositivos que possuam como base um *software*, como, por exemplo, *smartphones* e *tablets*, ou simplesmente *software* para comercialização. Vale lembrar que existem muitas ferramentas para uso em ES; um estudo apresentado por Portillo-Rodríguez *et al.* (2012) mostra alguns dos tipos dessas ferramentas encontradas na academia.

Entretanto, ainda para reforçar a necessidade do uso da engenharia de *software* nos projetos de *software* e mostrar que essa preocupação já vem de tempos de outrora, em 1995 o *Standish Group* publicou um relatório de pesquisa chamado de “relatório de caos” ou do inglês “*chaos report*” (GHAI; KAUR, 2012), onde são apresentadas as taxas de problemas com o desenvolvimento de *software* de uma ampla gama de empresas:

- Apenas 9% dos projetos em grandes empresas foram bem-sucedidos, em comparação com 16,2% para as médias empresas e 28% para as pequenas empresas;
- 61,5% dos grandes projetos de grandes empresas foram alterados, em comparação com 46,7% para empresas médias e 50,4% para as pequenas empresas;
- 29,5% foram os projetos cancelados em grandes empresas, em comparação com 37,1% para empresas médias e 21,6% para as pequenas empresas;
- Para cada 100 projetos que começam, existem 94 projetos que reiniciam.

Esse estudo demonstra a importância de se utilizar um processo estruturado para o desenvolvimento de projetos de *software*.

2.3.1 Levantamento de requisitos

Uma das mais importantes e críticas fases da engenharia de *software* talvez seja a de levantamento de requisitos (HAINEY et al., 2011), onde analistas de sistemas ou engenheiros de *software* levantam as informações necessárias a fim de se idealizar a melhor forma possível de solução informatizada que atenda às necessidades do cliente.

Para Ghai e Kaur (2012), a Engenharia de Requisitos (ER) consiste basicamente em descobrir, analisar e documentar os requisitos do sistema. ER é uma atividade importante do projeto, pois descobre e analisa vários problemas futuros que podem tornar-se uma causa de fracasso do projeto.

De acordo com Tahir e Ahmad (2010, p. 1),

A análise do levantamento de requisitos, aparecem como um dos processos-chave em qualquer desenvolvimento de *Software*. A Engenharia de Requisitos (RE) abrange diversas atividades que incluem o levantamento de requisitos, análise, negociação, especificação e validação. Numerosos estudos tem demonstrado o importante papel de se concentrar no processo de engenharia de requisitos para projetos de *Software* bem-sucedidos. Há uma clara relação entre o levantamento de requisitos, análise e qualidade de *Software*. Problemas de engenharia de requisitos

são universais e de fato, muito importantes. Um estudo sobre erros de requisitos críticos nos sistemas de segurança mostrou que 60% dos erros críticos em sistemas foram resultantes de erros de requisitos e falhas. Em alternativa, em um estudo empírico sobre engenharia de requisitos, Hell *et al.* concluiu que, de um total de 268 problemas de desenvolvimento citados, quase 50% (128) foram os problemas com requisitos.

Assim, percebe-se que há necessidade, em projetos de *software*, de se realizar um dos processos críticos da engenharia de *software* que é a ER.

Isso impacta diretamente na qualidade e segurança do *software*, principalmente no tocante aos requisitos brutos de diferentes fontes de fluxos, ou seja, diferentes pessoas envolvidas e que fazem seus requisitos isoladamente, onde a ideia é que a interação final que o usuário terá com a perspectiva do *software* irá criar a importância de se ter requisitos bem definidos (QUANGUI et al., 2009) inclusive pelo usuário e não apenas pela equipe de desenvolvimento. Em um determinado projeto de *software*, isso tende a baixar seu nível de qualidade, pois os requisitos são inconsistentes e ambíguos, além de não conterem detalhes suficientes para considerações sobre segurança (SCHNEIDER et al., 2012).

Entretanto, é preciso cuidado com a ER, pois existem diversas técnicas para se levantar requisitos. Em Tahir e Ahmad (2010) é possível perceber que existem técnicas onde é preferível utilizar questionários aplicados aos clientes que requisitaram determinado *software*, já em outras ocasiões uma entrevista é mais apropriado. Porém, não é simples decidir qual desses caminhos seguir.

2.3.2 Processo e gerência do desenvolvimento de *software*

Ter um processo formal de desenvolvimento de *software* contribui para o aumento da qualidade quando o produto é finalizado, pois o controle e dinâmica a serem seguidos pelo processo orientam a equipe a seguir os padrões e técnicas escolhidas; assim, uma grande variedade de tais estruturas tem evoluído ao longo dos anos, cada um com suas próprias vantagens e desvantagens reconhecidas (HANNAN, 2011).

Em meados de 1999, esse acompanhamento de desenvolvimento de *software* já era realizado, através de métricas; cronometrização de tempo de desenvolvimento; requisitos e testes de códigos, apesar de na época ser pouco documentado esse processo, como apontam Collofello e Hart (1999).

Assim, para Richardson *et al.* (2012), o processo de desenvolvimento de *software* envolve um conjunto de ferramentas, métodos e práticas que são utilizados para se produzir um *software*. Esse processo em si já é um estudo consolidado há alguns anos e é utilizado em diversas áreas do conhecimento (STEPHANOPOULOS; REKLAITIS, 2011). Já para Hannan (2011, p. 2) é a metodologia de desenvolvimento de *software* que estrutura o que é usado para regular e controlar o processo de desenvolvimento de um sistema de informação.

Igualmente, Richardson *et al.* (2012, p. 2) completam que o processo de engenharia de *software* é composto por muitas atividades, como por exemplo:

- Análise de requisitos, citada anteriormente;
- Projeto e Especificação: descrição do *software* a ser desenvolvido de uma forma rigorosa;
- Arquitetura de *software*: uso de referências abstratas para garantir que o sistema irá atender aos requisitos do produto;
- Implementação: transcrição do projeto em código;
- Teste: avaliação do *software* em termos funcionais, de integração, de regressão, etc.;
- Documentação: objeto textual ou multimídico que explica a concepção e descreve telas, tabelas e outros componentes técnicos da análise e do projeto do sistema, com o objetivo de suportar a manutenção e suporte futuros;
- Treinamento e Suporte: ensino e suporte aos usuários.

Com o surgimento do processo de *software*, também surgiram às metodologias para gerenciamento dos projetos de *software*, como por exemplo, o *framework* para desenvolvimento ágil, Scrum, detalhado a na seção 2.3.4.

2.3.4 Scrum

O método Scrum, segundo Schwaber e Sutherland (2011), consiste em um *framework* dentro do qual as pessoas podem tratar e resolver problemas complexos e adaptativos, enquanto produtiva e criativamente entregam produtos com mais alto valor. Contudo, apesar ser leve e simples, esse método é difícil de ser dominado.

Seu uso vem desde 1990, em projetos estruturais, sendo classificado pelos próprios criadores como um *framework* e não um processo ou conjunto de técnicas. O time Scrum é composto pelo *product owner*, a equipe de desenvolvimento (*team*) e o *Scrum master* (líder).

O *product owner* é o responsável pela maximização do valor e do trabalho da equipe de desenvolvimento. Ele também é responsável por gerenciar o *backlog* do produto.

Já a equipe de desenvolvimento, como o próprio nome sugere, visa construir algo que seja usável em termos de versão e que potencialmente incrementa o produto ao final de cada *sprint*. Uma forte característica da equipe de desenvolvimento é que ela é auto-organizada, ou seja, ninguém nem mesmo o *Scrum master* pode dizer como transformar o *backlog* do produto em incrementos e funcionalidades.

Assim, o papel do *Scrum master* é garantir que a metodologia Scrum seja entendida e aplicada. Além disso, trabalha em conjunto com o *product owner* e a equipe de desenvolvimento garantindo que os papéis de cada um sejam cumpridos, suprimindo possíveis necessidades de cada participante.

No processo do Scrum, são identificados os *Product de Backlog* e esses *Product de Backlog* são divididos em *Sprint de Backlog*. Cada *Sprint* tem um período de 24h para ser desenvolvida e algumas de 30 dias. Ao final de cada *Sprint* é possível obter um incremento de do *software* que se está desenvolvendo. A figura 19 mostra como funciona o comportamento desse processo.

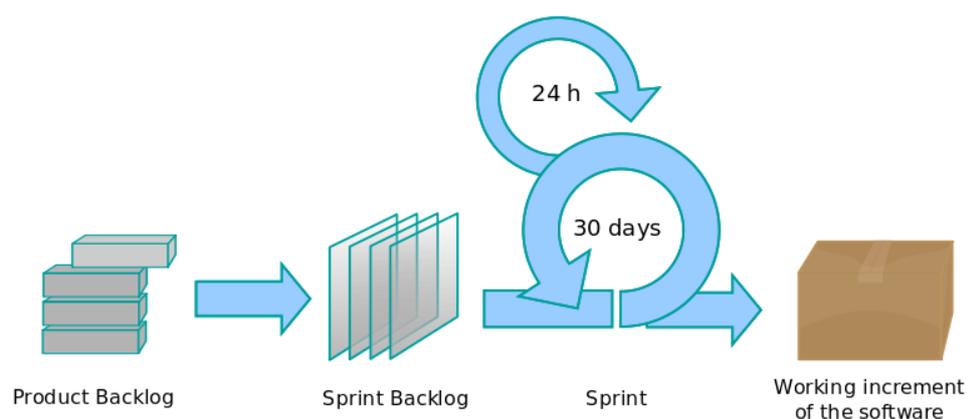


Figura 19. Descrição do processo do *framework* Scrum

Fonte: adaptado de Ferreira *et al.* (2005, p. 6).

2.3.4.1 Funcionamento do Scrum

Dentro do funcionamento do Scrum existem os seguintes eventos, segundo Schwaber e Shutherland (2013):

- *Sprint*: é o coração do Scrum; um potencial incremento para o produto a ser desenvolvido num prazo de até 30 dias;
- Reuniões: no Scrum as reuniões são diárias, com tempo de duração de 15 minutos, com o objetivo de que a Equipe de desenvolvimento possa sincronizar suas atividades e criar um plano para as próximas 24 horas. Essa reunião também revalida se o que foi estabelecido na reunião anterior foi cumprido;
- Revisões, retrospectivas: ao final de cada *Sprint* é necessário fazer uma revisão para inspecionar o incremento e adaptar o *backlog* do produto, caso seja necessário;
- *Backlog* do produto: é uma lista ordenada com todos os requisitos necessários ao produto. O *product owner* é o responsável pelo conteúdo, disponibilidade e ordenação desse *backlog*;
- *Backlog* da *Sprint*: é um conjunto de itens do *backlog* do produto que foi selecionado para a *Sprint*, junto com o plano para entrega da *Sprint*;

Dessa forma, os projetos acompanhados pelo *framework* Scrum permitem um aumento significativo das chances de o projeto ter qualidade quanto aos requisitos estabelecidos na fase de ER, se forem seguidos os passos do seu processo.

2.3.5 A engenharia de *software* na construção de objetos de aprendizagem 3D

As pesquisas realizadas nas bases de dados do Portal de periódicos da CAPES e no IEEE *Xplorer*, utilizadas para levantamento de literatura, não mostraram artigos significativos para metodologias de projetos específicos para computação 3D quando se utilizou os termos de busca *Software Engineering*, *Software Engineering Gathering requirements*, *Software*

Engineering Monitoring processes, Software Engineering Monitoring of processes modeling 3D, Software Engineering 3D.

Assim, como o Scrum é um *framework* com um nível tal de abstração que permite que o mesmo seja utilizado em diferentes tipos de projetos, e não apenas de *software*, o mesmo foi escolhido para o desenvolvimento de objetos de aprendizagem 3D. Contudo, foi realizado um fluxo diferenciado de processo, já que a equipe do projeto era pequena e a problemática não é a de *software*, mas sim a de objetos de aprendizagem 3D. Assim, foram adaptados alguns processos, a serem mostrados no capítulo de Materiais e Métodos deste trabalho.

Entretanto, utilizando o levantamento da literatura sobre engenharia de *software* e seus processos de modelagem, foi possível concluir que há a necessidade de se utilizar os mesmos princípios da engenharia de *software* para o desenvolvimento de objetos de aprendizagem 3D (OA3D). Pois, conforme pesquisa na literatura, não há um modelo existente específico para construir um OA3D com princípios de engenharia de *software* e qualidade de *software*, embora seja possível.

Sendo assim, no capítulo III será apresentado o processo de desenvolvimento de OA3D, derivado do processo de desenvolvimento de *software*.

Capítulo III

O capítulo III tem o propósito de mostrar com quais materiais e métodos o trabalho foi desenvolvido e quais foram as bases metodológicas que nortearam a pesquisa.

3. Materiais e métodos

Esta seção visa descrever como este trabalho foi realizado. Para isso a primeira subseção tratará dos materiais, conseqüentemente a segunda tratará dos métodos realizados para construção deste trabalho de dissertação.

3.1 Materiais

Os materiais utilizados para o desenvolvimento deste trabalho incluem um *software* para realizar o desenvolvimento da modelagem em 3D. Para tal foi escolhido o *Autodesk 3Ds Max* (aqui denominado simplesmente 3Ds) na versão 2013, pois essa é uma ferramenta líder de mercado, em uso inclusive por instituições reconhecidas no ramo de animações para cinema, desenvolvimento de objetos para construção civil, etc. (AUTODESK, 2013).

No Brasil, instituições como a Universidade de São Paulo (USP) utilizam o 3Ds para desenvolvimento de objetos de aprendizagem 3D, especificamente na área de saúde, como por exemplo no Projeto Homem Virtual (PROJETO HOMEM VIRTUAL, 2013).

Além disso, o 3Ds possui uma versão oficial para estudantes de universidades públicas, e o Brasil está incluso na lista, contemplando a Universidade Federal Rural de Pernambuco, possibilitando seu *download* na versão completa para estudante, sem limitações de ferramenta e sem custos adicionais.

Além do *software*, para realizar a modelagem em três dimensões, foi necessário um computador com configuração considerada apropriada para rodar 3Ds. Assim sendo, o computador escolhido possuía processador *quad-core* 1.4 GHz 64 bits, 4 Gb de memória RAM, HD de 1 Tb e 1 Gb de placa de vídeo.

Também foi necessário um editor de vídeos simples, para montar os objetos de aprendizagem finais. Para tal optou-se pelo *Windows Movie Maker* (WINDOWS MOVIE MAKER, 2013), disponibilizado gratuitamente para os computadores com o sistema operacional da Microsoft.

3.2 Métodos

Para construção desse trabalho foi identificada oportunidade de utilizar uma Pesquisa Sistemática da Literatura (PSL), que é uma integração entre o Processamento de Linguagem Natural (PLN) e a Revisão Sistemática (RS). Seguindo e, quando necessário, adaptando as orientações fornecidas por Shashank, Chakka e Kumar (2010). De acordo com os recém citados autores, uma pesquisa bibliográfica sistemática ou PSL é um processo de busca e avaliação da literatura disponível relacionada com questões de interesse particular.

Além disso, como o trabalho propõe a construção de OA com qualidade, semelhante ao que ocorre na engenharia de *software*, foi realizado um levantamento de requisitos, que nesse caso objetiva o desenvolvimento OA. Esses requisitos foram organizados em uma estrutura chamada de roteiro, apresentada após o detalhamento da PSL.

3.2.1 Pesquisa sistemática da literatura

A PSL foi formulada para prover um rápido e sistemático acesso a determinado tema de pesquisa, adaptada do método de RS apresentado por Biolchini *et al.* (2005), ilustrado na Figura 20, que visa orientar o pesquisador sobre como realizar um levantamento bibliográfico sobre as áreas que se deseje identificar as publicações, os assuntos que são tratados nessas publicações, quais universidades estão pesquisando, e outros critérios que podem ser estabelecidos pelo pesquisador.

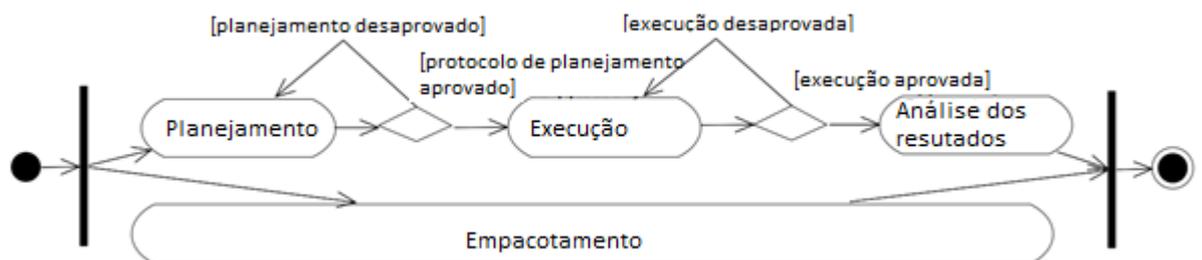


Figura 20. Processo de revisão sistemática

Fonte: baseado em Biolchini et al. (2005, p. 10).

Assim, a PSL tem participação em uma RS, mas não é uma RS, pois não tem o objetivo de classificar os estudos selecionados e os não selecionados, levantar as áreas das

publicações, e documentar todo o processo que normalmente uma RS tem. A PSL é algo mais rápido e serve como base para utilização de escrita de trabalhos, descarta os artigos não classificados, e apenas tem o objetivo de identificar as técnicas das áreas que estão sendo pesquisadas para serem utilizados como referência.

O processo de uma PSL é realizada em três passos: planejamento; leitura primária e leitura secundária.

Na fase de planejamento são discutidos e escolhidos os critérios que determinam o que se deseja encontrar ao realizar a pesquisa bibliográfica sistematizada, bem como a situação problema, quais são as fontes de pesquisa e a amplitude dos resultados. Em seguida, o planejamento passa por um processo de aprovação com os orientadores ou mentores do estudo e, caso seja rejeitado, é necessário refazê-lo, até que sua aprovação seja concebida em acordo.

Após a aprovação do planejamento, executa-se a segunda fase, que é a leitura primária dos artigos, que deve contemplar os critérios de leitura que foram definidos na fase de planejamento. Sendo assim, caso o artigo seja nomeado como “classificado”, ele passa para a fase de leitura completa; caso contrário, será descartado.

A terceira fase é a da leitura completa dos artigos. Nessa fase busca-se ver se o artigo atende às perguntas formuladas. Para esse trabalho as perguntas estão dispostas nos quadros 1, 2 e 3. Caso o artigo responda a alguma dessas perguntas, ele é classificado como “selecionado” e é incluído na base de artigos. Caso o artigo não seja nomeado como “selecionado” pelos critérios e perguntas planejadas, ele é descartado.

A Figura 21 ilustra o processo da PSL.

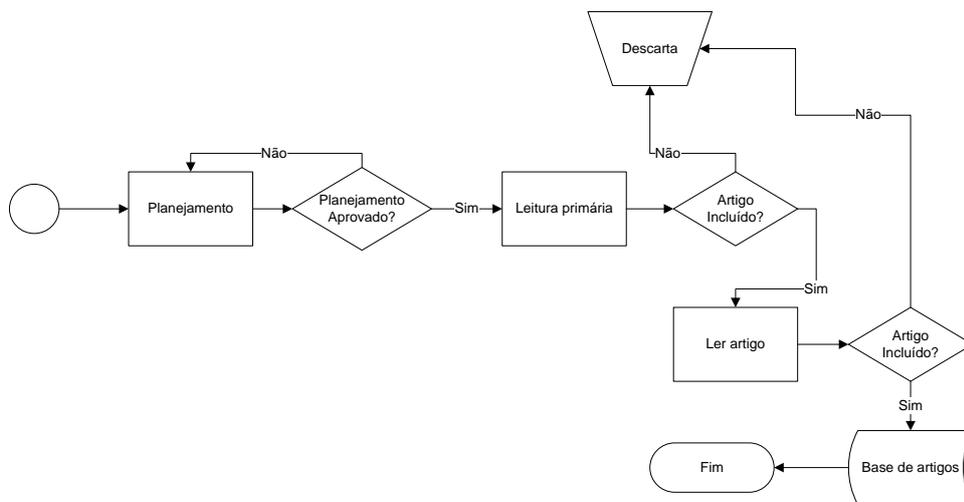


Figura 21. Modelo para realizar uma PSL.

Legenda para Figura 21:

○ - Indica o início do processo;

□ - Significa que há um processamento;

◇ - Significa que há uma condição;

▤ - Significa o descarte do que está sendo processado;

⌋ - Significa o armazenamento do que está sendo processado;

⊖ - Indica o fim do processo.

Utilizando a PSL, neste trabalho foram pesquisadas três áreas do conhecimento, vindas da situação problema identificada. Assim, foi necessário levantar uma base bibliográfica para estudos em: OA, PS e ES.

Na fase de planejamento de uma pesquisa sistemática da literatura são realizadas as seguintes atividades: formulação de critérios; amplitude dos critérios; critério de seleção de fontes e o processo de seleção. Visando detalhar um pouco cada uma dessas atividades, são

apresentadas as seções seguintes.

3.2.1.1 Formulação de critérios

Seguindo a proposta da PSL, foi criado um protocolo de pesquisa na literatura, estabelecendo os critérios de seleção para a construção de objetos de aprendizagem multimídia aplicadas a plataformas de Stewart, utilizando métodos de engenharia de *software*, apresentados nos quadros 1, 2, e 3.

Área: Objetos de Aprendizagem	
Critérios	Descrição
1	Técnicas utilizadas para construção de objetos de aprendizagem multimídia;
2	Trabalhos que utilizam objetos de aprendizagem 2D ou 3D;
3	Trabalhos que utilizam objetos de aprendizagem 2D ou 3D na área de saúde.

Quadro 1. Critérios para objetos de aprendizagem.

Área: Plataforma de Stewart	
Critérios	Descrição
1	Aplicações existentes que utilizam plataformas hexápode;
2	Aplicações existentes que utilizam plataforma de Stewart;
3	Aplicações existentes que utilizam plataforma de Stewart na área de saúde.

Quadro 2. Critérios para plataforma de Stewart.

Área: Engenharia de <i>software</i>	
Critérios	Descrição
1	Técnicas utilizadas para o processo de desenvolvimento de <i>software</i> aplicadas a modelagem 3D.

Quadro 3. Critérios para engenharia de *software*.

3.2.1.2 Amplitude dos critérios

A amplitude dos critérios criados precisa ser identificada de acordo com a necessidade do pesquisador, pois muitas vezes os resultados encontrados podem ser muito amplos, mudando o foco da PSL, que é levantar bases para o trabalho de pesquisa.

Para este trabalho a amplitude dos critérios foi definida da seguinte forma:

- Intervenção: aplicação de técnicas de objetos de aprendizagem multimídia, plataforma de Stewart e engenharia de *software*;
- Efeito: identificação das técnicas utilizadas;
- Período de publicação: publicações da última década;
- Resultados: analisar os artigos, verificando aqueles que contemplam os critérios de pesquisa;
- Aplicações: a pesquisa servirá de base para a elaboração de base bibliográfica para estudos nas áreas citadas;
- Língua: para este trabalho foram considerados artigos escritos em inglês, por eles mais facilmente representarem o estado da arte na pesquisa da área.

3.2.1.3 Critérios de seleção de fontes

Para realização deste estudo, foram acessadas como fontes de pesquisa as bibliotecas digitais que reúnem periódicos com fator de impacto medido pelo JCR – *Journal of Citation Reports*: IEEE *Xplorer* (IEEE) e a biblioteca de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Os trabalhos foram selecionados

utilizando a expressão textual de busca apresentada no quadro 4.

Palavra-chave	Expressão textual genérica de busca (técnica)
<i>Learning Objects</i>	<i>AND (“Multimedia” OR “in 2D” OR “in 3D” OR “in Health”)</i>
<i>“Stewart Platform” OR “Stewart Platform Manipulator” OR “SPM”</i>	<i>AND (“Flight simulation” OR “Flight path” OR “Orthopedic Procedure”)</i>
<i>Software Engineering</i>	<i>AND (“Gathering requirements” OR “Monitoring processes” OR “Monitoring of processes in modeling 3D” OR “3D”)</i>

Quadro 4. Construção da expressão textual de busca da PSL.

Vale salientar que no portal de periódicos da CAPES a ordenação dos periódicos se deu por ordem de relevância ao critério de busca inserido, seguido pelo ano da publicação.

3.2.1.4 Critérios de inclusão dos estudos

Estudos retornados pela expressão textual de busca que relataram experiências de aplicação de técnicas relacionadas às áreas do item 1.2.1.1:

- O primeiro critério de inclusão utilizado foi o de selecionar os cinquenta artigos mais relevantes para cada critério de busca;
- O segundo critério de inclusão dos periódicos foi a leitura do título e resumo, onde foram coletados os artigos selecionados;
- O terceiro critério é a leitura dos artigos para seleção final, classificação e utilização no trabalho de pesquisa.

3.2.1.5 Processo de seleção

A atividade de seleção foi realizada com base nos critérios estabelecidos em resposta às perguntas pré-formuladas para classificação ou descarte do trabalho. Para isso, os artigos foram selecionados nas fontes supracitadas, seguindo a ordem de leitura: título e resumo. Nesta etapa foi possível identificar artigos que poderiam ser descartados por não apresentarem qualquer relação com o tema em estudo. Em caso de dúvidas, o trabalho foi classificado como

incluído ou excluído em reuniões com os mentores do trabalho.

Na sequência, procedeu-se à leitura dos trabalhos selecionados e realizou-se uma seleção por nível de importância, conforme os critérios estabelecidos e data da publicação. Nesta etapa cerca de 45% artigos também foram descartados.

As perguntas a seguir apresentadas compõem a análise dos resultados e classificam como escolhidos ou descartados os artigos para cada área:

Área: objetos de aprendizagem

Perguntas:

1. De que forma as técnicas são aplicadas?
2. Quais são as vantagens e desvantagens observadas nas técnicas?
3. Quais os objetos de aprendizagens aplicados na área de saúde?

Área: plataforma de Stewart

Perguntas:

1. De que forma as técnicas são aplicadas?
2. Quais são as vantagens e desvantagens observadas nas técnicas?
3. Existe experiência com uso de plataforma de Stewart na área de saúde?

Área: engenharia de *software*

Perguntas:

1. Existe experiência com uso de técnicas de engenharia de *software* na área de computação 3D?
2. Quais as possíveis técnicas candidatas a adaptação para uso com acompanhamento de modelagens 3D?

3.2.2 Engenharia de *software* e o modelo Scrum

Como metodologia utilizada na parte prática do projeto, foi adaptado o modelo existente na engenharia de *software*, pois conforme a PSL demonstrou, os métodos existentes

para o desenvolvimento de *software* não contemplam, ou nos casos genéricos, não são suficientes para determinar um caminho que garanta maior qualidade ao processo de desenvolvimento dos objetos de aprendizagem.

Com isso, foram utilizados os princípios de Scrum para gerenciar o projeto do desenvolvimento de objetos de aprendizagem 3D, e para tal, foi criado um modelo de roteiro para ser acoplado como produto de *backlog*, para que assim fosse validado e entregue ao cliente.

Vale salientar que existem outros *framework*, ferramentas e metodologias para o desenvolvimento de *software*, como XP (*eXtreme Programming*), TDD, *Refactoring*, *Incremental Design e Pair Programming*, porém são específicos para *software*, já o Scrum é um *framework* genérico para projetos que é adotado para uso na ES por várias empresas.

Dessa forma, o Scrum já foi utilizado para gerenciar projetos de *software* e algumas empresas utilizam adaptações dele com a metodologia XP para gerenciar os projetos de *software*.

Assim, o papel do Scrum dentro do processo de desenvolvimento de OA3D é manter reuniões semanais com o *Product Owner*, *Scrum Master* e com o *Team*, após a realização do levantamento de requisitos para construção dos roteiros. Igualmente, ter como resultado, artefatos semanais e por fim entregar um produto, nesse caso um OA3D, ao cliente.

Comumente a construção de OA3D convencional segue apenas um roteiro, e ao final do desenvolvimento desse objeto o mesmo é entregue ao cliente. Sem o uso do Scrum, qualquer alteração no roteiro é realizada após o OA3D estar pronto e entregue, e com isso todo trabalho é refeito para adequar ou modificar uma solicitação do cliente, aumentando o custo e o tempo do projeto. Já com a utilização do Scrum a redução do custo e do tempo é reduzida, tendo em vista que as reuniões semanais discutem os artefatos produzidos, a matéria-prima, que são as modelagens 3D e a subanimação daquela semana, não deixando para o final as alterações, visto que o *Product Owner* é o próprio cliente, e que está envolvido com o projeto.

Então, como continuidade ao processo do Scrum, foram criadas as *sprint*, desenvolvidas com o objetivo de gerenciar cada etapa do processo de desenvolvimento de uma animação. Por sua vez, cada animação possui seus produtos de *backlog*, que são regidos por um roteiro. Seguindo esse roteiro, ter-se-á um produto que pode ser utilizado, entregue ou

validado com o cliente antes do desenvolvimento final da animação por completo, ou seja, do objeto de aprendizagem.

A figura 22 ilustra o diagrama de atividades de um projeto para o desenvolvimento de objetos de aprendizagem 3D regidos por uma adaptação da metodologia Scrum. É preciso ressaltar ainda que o gerenciamento de tempo, reuniões, discussões diárias e procedimentos padrão do Scrum foram mantidos. Assim, o diagrama ilustra apenas o processo, envolvendo o direcionamento da visão de Scrum aplicada a projetos de modelagem de animações em 3D.

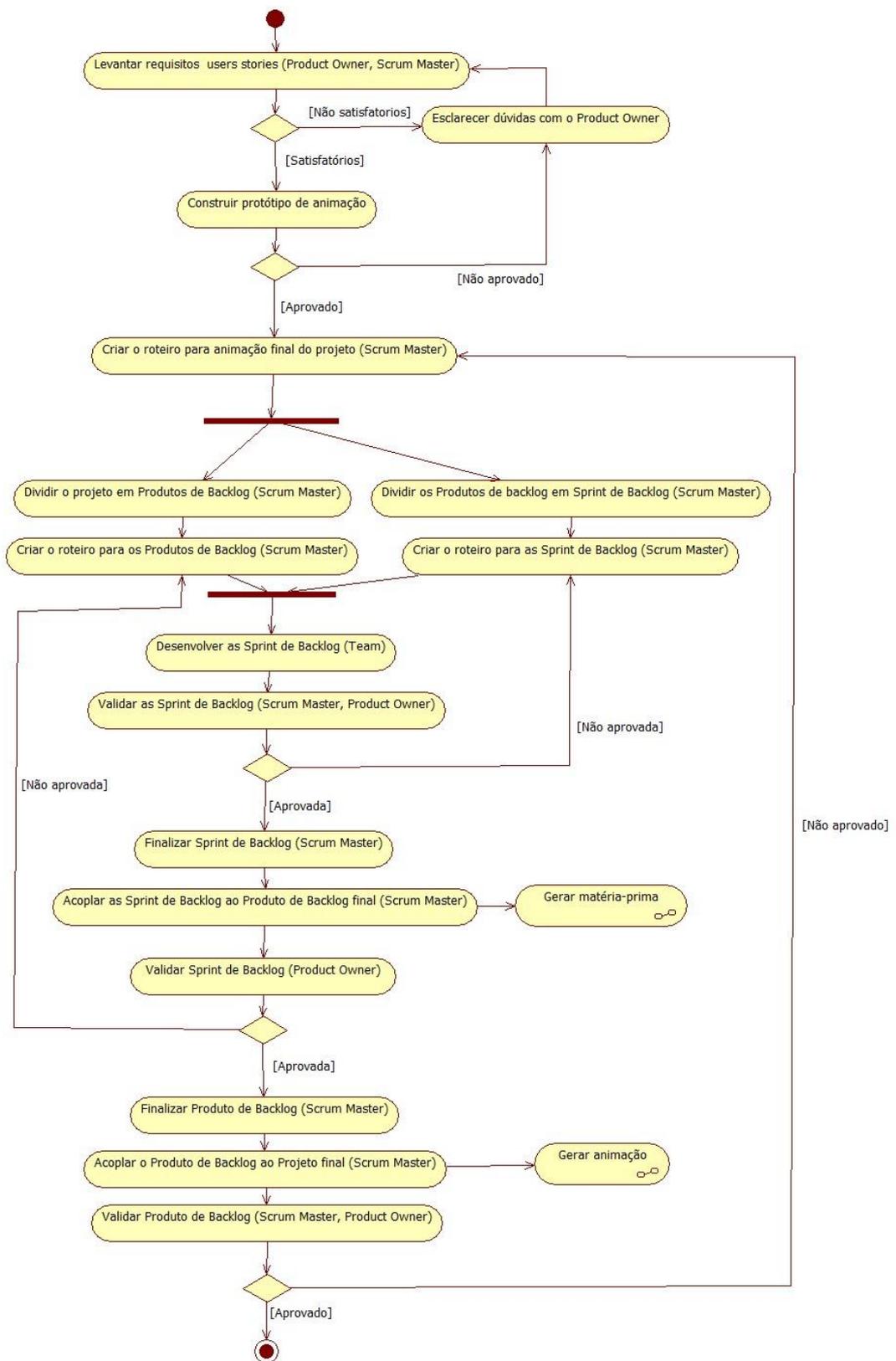
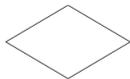


Figura 22. Processo adaptado do *framework* do Scrum para construção de projetos de animações em 3D.

Legenda para Figura 22:



- Indica o início do processo;



- Significa que há uma condição;



- Indica a execução de uma ação.



- Indica o fim do processo.

Dessa forma, como o próprio Scrum sugere, o levantamento de requisitos é feito por meio das *user stories* que por sua vez são tratadas e analisadas pelos responsáveis pelo desenvolvimento do projeto: *Scrum master*, *team* e *product owner*.

Então, após a validação das *user stories*, é desenvolvido pelo *Scrum master* o protótipo da animação. Esse protótipo deve ser aprovado pelo *product owner*, que para este projeto são: Guilherme Vilar, orientador do trabalho e o médico Dr. Eptácio Rolim Filho, para que assim possa ser iniciado o processo de desenvolvimento do objeto de aprendizagem, ou como sugerido no modelo, o produto de *backlog* final que contém toda a matéria-prima trabalhada e finalizada em subanimações que formarão o objeto de aprendizagem final. Caso o *product owner* desaprove o protótipo, devem-se indicar possíveis mudanças até que esteja aprovado.

Com a fase de aprovação do protótipo concluída, o próximo passo é a construção do roteiro final para o projeto. O *Scrum master* deve preparar os produtos de *backlog* e as *sprint* de *backlog*, para que ao final estejam de acordo com o roteiro final de animação.

Uma vez divididos os produtos de *backlog* e suas *sprint* de *backlog*, os desenvolvedores (*team*) constroem e modelam as *sprint* de *backlog*. Cada *sprint* concluída é uma subanimação resultante que pode ser mostrada ao cliente com o intuito de aprovação. Se ocorrer a desaprovação de alguma *sprint* de *backlog*, o *Scrum master* junto com o *product owner* são responsáveis por refazer o roteiro, em acordo com as especificidades estabelecidas pelo cliente, e repassar para o *team* realizar as adaptações a fim de uma nova avaliação, com maior prioridade. Sendo aprovada, esta *sprint* de *backlog* é armazenada para ser acoplada em um produto de *backlog* e, conseqüentemente, na animação final.

Ao final, com todos os produtos de *backlog* validados e aprovados pelo cliente, o *Scrum master* os une em conformidade com o roteiro final criado. A animação final passa pela aprovação do cliente e, sendo aprovada, o projeto é entregue, ou seja, a animação final é entregue ao cliente e o projeto está finalizado.

Para facilitar o desenvolvimento das animações no método adaptado do Scrum para desenvolvimento de objetos de aprendizagem 3D, sugere-se, como apresentado na figura 22, o uso de roteiros para cada *sprint* de *backlog*, produto de *backlog* e projeto final. O quadro 5 demonstra o modelo do roteiro que foi utilizado.

ROTEIRO #NOME_DA_SPRINT/PRODUTO_BACKLOG PLANEJAMENTO PARA DESENVOLVIMENTO DE UM OBJETO DE APRENDIZAGEM	
Nome:	Nome do roteiro, sugere-se utilizar o NOME DA <i>SPRINT</i> ou do PRODUTO <i>BACKLOG</i>
Tema:	O que vai resultar o desenvolvimento dessa <i>Sprint</i> ou Produto de <i>Backlog</i>
Duração:	Quantos minutos terá que durar a animação da <i>Sprint</i> ou do Produto de <i>Backlog</i>
Justificativa:	Por que está sendo criada essa <i>Sprint</i> ou Produto <i>Backlog</i> ?
Problema:	O que causou a necessidade de criar essa <i>Sprint</i> ou Produto <i>Backlog</i> ?
Objetivo geral:	O que se deseja criar com essa <i>Sprint</i> ou Produto <i>Backlog</i> ?
Objetivos específicos:	Quais são os seus objetivos ao criar essa <i>Sprint</i> ou Produto <i>Backlog</i> ?
Descrição:	Quais os componentes que deve conter essa <i>Sprint</i> ou Produto <i>Backlog</i> ?
Metodologia:	Como vai ser desenvolvido essa <i>Sprint</i> ou Produto <i>Backlog</i> ?
Resultados Esperados:	O que se espera ao criar essa <i>Sprint</i> ou Produto <i>Backlog</i> ?
Avaliação:	Qual foi a avaliação feita sobre esse roteiro ao final do seu desenvolvimento?

1. ROTEIRO

Roteiro – Posição inicial, explicação dos planos, partes do projeto.	[IMAGEM]
Sequência 1.: Objeto vai ser movido (podem ser criadas várias sequências)	
1. Qual a posição inicial em relação ao plano tridimensional...	[IMAGEM]
2. Demais movimentos do objeto e da câmera (...)	[IMAGEM]
3. Qual a posição final em relação ao plano tridimensional, aconselha-se a posição final ser igual a posição inicial.	[IMAGEM]

Quadro 5. Modelo de roteiro para construção de um objeto de aprendizagem.

3.2.3 A modelagem

Com os roteiros criados, a equipe de desenvolvimento (*team*) pode iniciar a modelagem dos objetos e conseqüentemente as animações resultantes, sempre em acordo com o roteiro descrito na *sprint* de *backlog*.

Dessa forma, para facilitar o processo de desenvolvimento, cada objeto identificado como necessário para modelagem foi construído separadamente, utilizando uma imagem como base, ou modelo. Essa técnica de modelagem utilizando imagens é chamada de modelagem por referência (PROFESSOR WEB, 2013) e, nesta dissertação, foram utilizadas imagens de pernas, ossos, pés e hexápode.

Assim, com o 3Ds foram inseridas as imagens como fundo de referência e, a partir daí, modelados os objetos desejados. As imagens foram tratadas no Adobe *Photoshop*, pois precisavam estar com o mesmo tamanho e centralizadas, para que pudessem ser representadas em visão frontal, visão lateral e visão do topo, todas iniciando no ponto zero nos eixos *x*, *y* e *z*.

Após o desenvolvimento de cada objeto, foram gerados os vídeos, em formato AVI, utilizando a técnica de animação por *frames*, conhecida e já disponível no próprio 3Ds. Para isso, utilizou-se a técnica de *renderização*¹ de imagens, criando em um espaço de *frames* as modificações e mudanças fornecidas pelo roteiro, a fim de construir a animação desejada.

3.2.4 Avaliação

A partir do momento em que todos os OAM3D estavam gerados, e em conformidade com as solicitações do *Product Owner*, era preciso que os mesmos passassem por um processo de avaliação.

O processo de avaliação foi realizado com médicos que foram divididos em dois grupos distintos:

- Grupo 1 - formado por médicos ortopedistas;
- Grupo 2 – formado por médicos ortopedistas com especialidade em fixadores externos

¹ *Renderização* é o processo para se obter o produto final de um processamento digital qualquer.

Foi feita uma breve explanação sobre os sistemas hexápodes de Ilizarov e, em seguida, o *Product Owner*, o Dr. Epitácio Rolim Filho, passou os formulários para os médicos residentes em ortopedia (Grupo 1) avaliarem o seu nível de conhecimento sobre os assuntos dos quatro OAM3D. Depois de o *Product Owner* apresentar os OAM3D desenvolvidos, um mesmo tipo de formulário foi novamente aplicado, para que os residentes novamente avaliassem o seu nível de conhecimento sobre os assuntos dos quatro OAM3D. Nessa etapa os especialistas (Grupo 2) também participaram e avaliaram os OAM3D, utilizando o mesmo tipo de formulário.

Esses médicos responderam as questões do formulário (apêndice 05 e 06), por meio do posicionamento qualitativo marcado em um segmento de reta, em uma escala, contendo nas extremidades as indicações “Nenhuma Compreensão” e “Profunda. Compreensão” (LIMA JÚNIOR; KNOPFHOLZ; MENINI, 2002).

Segundo Ribeiro (2009), por meio do posicionamento de uma resposta qualitativa na escala é possível a atribuição de um valor numérico para essa resposta, possibilitando a quantificação de uma qualidade. Para isso foi utilizado um segmento de reta contendo 14 centímetros de comprimento sem a exibição dos valores, com uma pequena barra que o médico utiliza para marcar o nível de sua compreensão Figura 23 (A e B).

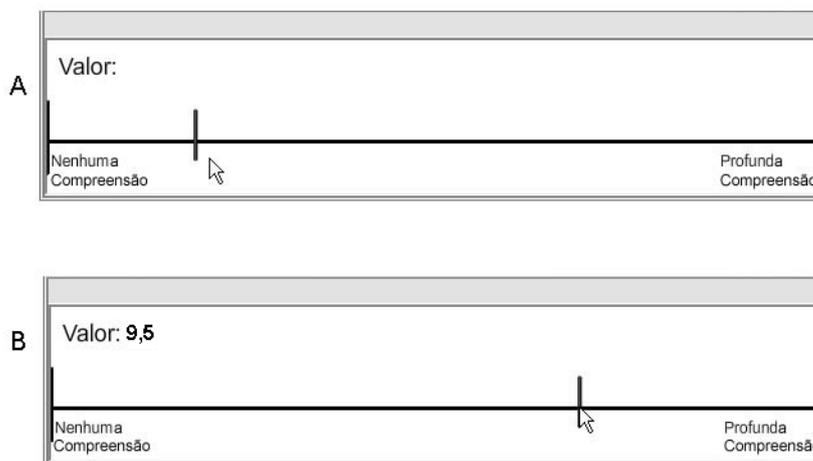


Figura 23: (A) Segmento de reta com uma barra que pode ser riscada em qualquer intervalo entre “Nenhuma Compreensão” e “Profunda Compreensão” (B), ao riscar no formulário o valor é medido

Fonte: Ribeiro (2009, p. 38) modificado.

Com o grupo 1 foi realizada uma análise quali-quantitativa. Cada ortopedista foi solicitado a marcar na barra o local representativo do seu grau de compreensão sobre os objetos de aprendizagem antes e depois de serem exibidos.

Após a marcação os formulários foram recolhidos e foi medido quantos centímetros tinha cada pergunta do questionário (apêndice 05). Foi gerado uma planilha eletrônica com os resultados dos dezenove formulários.

A quantificação da percepção foi realizada por meio de uma fórmula para transformar os dados dos centímetros em escala de 10.

$$Qp = \frac{v}{V} \times 10$$

Onde: Qp – quantificação da percepção

v - valor marcado pelo médico no segmento de reta

V – valor total do segmento

Em seguida foi aplicado o *Test t Student*, que é um teste de hipótese usado para testar se existe diferença entre a média de uma amostra (aleatória) e a média populacional, ou seja, se houve diferença significativa entre a média do nível de compreensão antes e depois da aplicação dos objetos de aprendizagem 3D.

Já com relação ao grupo 2 foi realizada uma avaliação na qual os médicos especialistas envolvidos classificaram os objetos de aprendizagem de forma qualitativa, utilizando uma escala variando de “Péssimo” a “Excelente” conforme questionário no apêndice 6. A quantificação da percepção foi realizada do mesmo modo que o anterior.

O quadro 6 relaciona faixas de valores com uma classificação conceitual, possibilitando uma atribuição de classes para os valores obtidos com o processo de quantificação da percepção

Distribuição dos valores para a classificação	
Intervalo	Classificação
0 – 3	Péssimo
3.1 – 4.9	Ruim
5 – 6.9	Regular
7 – 8	Bom
8.1 – 8.9	Muito Bom
9 – 10	Excelente

Quadro 6. Distribuição de valores para classificação qualitativa
Fonte: Ribeiro (2009, p. 39) modificado.

Capítulo IV

O capítulo IV tem o propósito de apresentar os resultados e discussões resultantes do processo de pesquisa do trabalho de dissertação em questão.

4. Resultados

Esta seção visa descrever os resultados obtidos com a construção deste trabalho, desde os resultados da pesquisa sistemática de literatura realizada até o desenvolvimento dos objetos de aprendizagem e a avaliação do ensino-aprendizagem que ocorreu com os residentes de ortopedia, como será detalhado nas seções 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4.

4.1 Resultados da pesquisa sistemática da literatura

Para realização da PSL, foram acessadas como fontes de pesquisa as seguintes bibliotecas digitais que reúnem periódicos com fator de impacto medido pelo JCR – *Journal of Citation Reports*: IEEE *Xplorer* (IEEE) e biblioteca de periódicos CAPES. Cabe lembrar que foram selecionados os cinquenta primeiros artigos para cada critério de busca e, destes, foram escolhidos os mais relevantes, selecionados através da leitura do título, resumo e quando necessário as conclusões. Em seguida, foram selecionados os artigos finais para uso como base bibliográfica da área em estudo.

Os resultados dos quadros 7, 8 e 9 mostram a quantidade de artigos encontrada e selecionada por cada fonte de pesquisa e área identificada dentro do tema de pesquisa.

Chave de Busca	Classificado	Selecionado	Classificado	Selecionado	Total	Total
	CAPES	CAPES	IEEE	IEEE	Classificado	Selecionado
<i>Learning Objects Multimedia</i>	8	6	4	4	12	10
<i>Learning Objects in 2D</i>	7	0	2	0	9	0
<i>Learning Objects in 3D</i>	9	3	4	0	13	3
<i>Learning Objects in Health</i>	8	2	2	2	10	4
TOTAL					44	17

Quadro 7. Resultados dos artigos classificados e selecionados pela PSL para OA.

Chave de Busca	Classificado	Selecionado	Classificado	Selecionado	Total	Total
	CAPEES	CAPEES	IEEE	IEEE	Classificado	Selecionado
<i>Stewart Platform OR Stewart Platform Manipulator</i>	5	4	4	2	9	6
<i>Stewart Platform Flight Simulation</i>	10	5	4	4	14	9
<i>Stewart Platform Flight Path</i>	8	4	3	3	11	7
<i>Stewart Platform Orthopedic Procedure</i>	9	2	2	2	11	4
TOTAL					45	26

Quadro 8. Resultados dos artigos classificados e selecionados pela PSL para PS.

Chave de Busca	Classificado	Selecionado	Classificado	Selecionado	Total	Total
	CAPEES	CAPEES	IEEE	IEEE	Classificado	Selecionado
<i>Software Engineering Gathering requirements</i>	10	7	3	1	13	8
<i>Software Engineering Monitoring processes</i>	10	3	2	1	12	4
<i>Software Engineering Monitoring of processes in modeling 3D</i>	7	0	2	1	9	1
TOTAL					34	13

Quadro 9. Resultados dos artigos classificados e selecionados pela PSL para ES.

Dessa forma, foram selecionados cinquenta e sete artigos relevantes para serem utilizados como base bibliográfica para este trabalho.

Para realização deste estudo, foram acessadas as fontes citadas na seção 3.2.1.3. Vale salientar que foram selecionados os cinquenta primeiros artigos para cada critério de busca. Desses foram escolhidos os mais relevantes e em seguida selecionados os artigos finais para uso como base bibliográfica daquele tema.

Vale ressaltar que todas as referências dos trabalhos selecionados, apresentados a seguir, estão disponíveis no apêndice 07, referenciados por numeração e ordenados por técnica da área de pesquisa em questão.

Os resultados da PSL foram divididos pelas áreas que envolvem o problema de pesquisa a fim de detalhar os critérios e resultados para cada expressão de busca utilizada nas fontes de seleção de dados escolhidas (SHASHANK; CHAKKA; KUMAR, 2010).

Na PSL, foram identificados 44 artigos classificados para OA. Destes 32 vieram do portal de periódicos da CAPES e 12 do IEEE Xplorer, dos quais foram selecionados 11 da CAPES e 6 do IEEE, com predominância de publicações em 2010. Um resumo pode ser visto nas figuras 24, 25 e no Quadro 10.

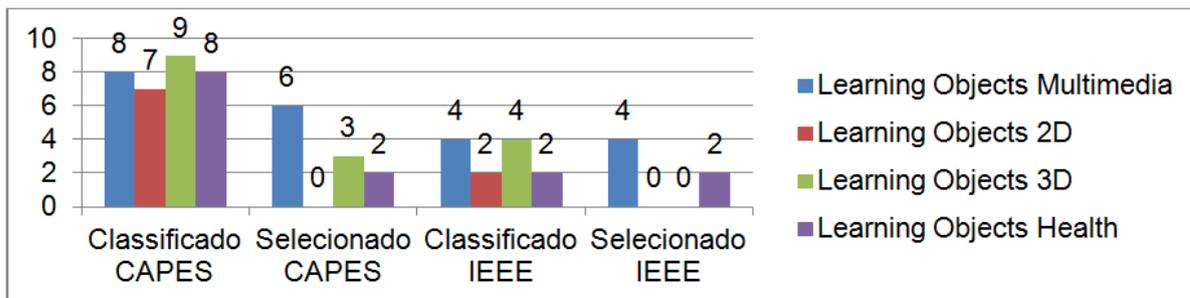


Figura 24. Resultados da aplicação dos critérios de busca para OA.

Técnicas	Referência(s)	Ano(s)
<i>Learning Objects Multimedia</i>	[1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10]	2007, 2010, 2010, 2013, 2005, 2005, 2003, 2010, 2010, 2010
<i>Learning Objects 2D</i>	--	--
<i>Learning Objects 3D</i>	[11],[12],[13]	2011, 2010, 2009
<i>Learning Objects Health</i>	[14],[15],[16],[17]	2010, 2011, 2010, 2010

Quadro 10. Artigos selecionados por técnica para OA.

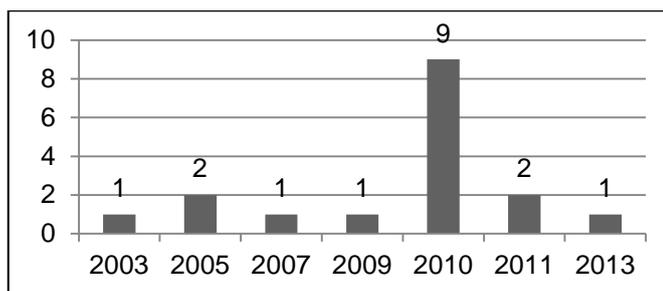


Figura 25. Evolução cronológica dos artigos selecionados para OA.

Já para a área de PS foram identificados 45 artigos classificados. Destes, 32 no portal de periódicos da CAPES e 13 no IEEE Xplorer, dos quais foram selecionados 15 da CAPES e 11 do IEEE, com predominância de publicações em 2009 e 2012. Um resumo pode ser visto na figura 26, 27 e no Quadro 11.

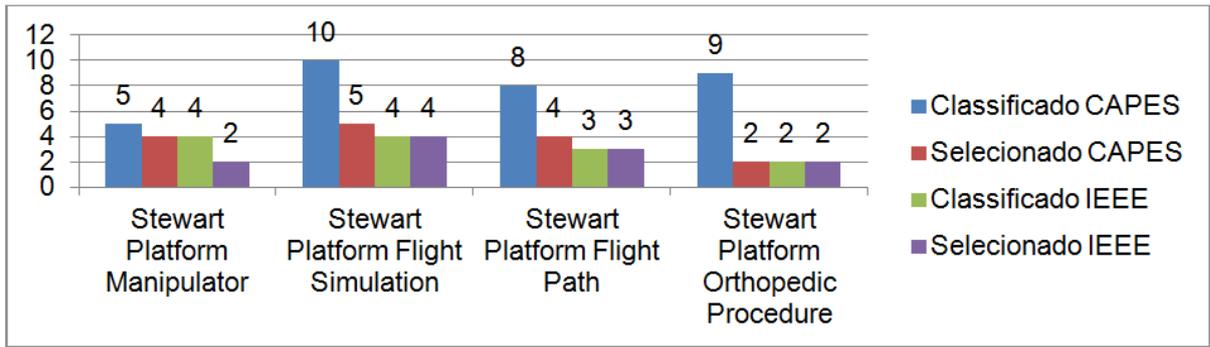


Figura 26. Resultados da aplicação dos critérios de busca para PS.

Técnicas	Referência(s)	Ano(s)
<i>Stewart Platform Manipulator</i>	[18], [19], [20], [21], [22], [23]	2011, 2012, 2010, 2012, 2010, 1993
<i>Stewart Platform Flight Simulation</i>	[24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31],[32]	2012, 2012, 2009, 2012, 2012, 2009, 2009, 1999, 2011
<i>Stewart Platform Flight Path</i>	[33],[34],[35],[36],[37],[38],[39]	2011, 1998, 2007, 1992, 2007, 2009, 2008
<i>Stewart Platform Orthopedic Procedure</i>	[40],[41],[42],[43]	2006, 2009, 1996, 2009

Quadro 11. Artigos selecionados por técnica para PS.

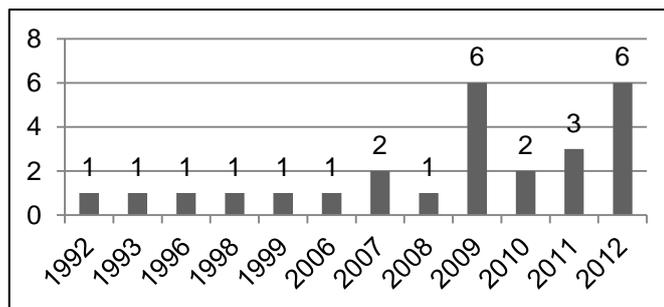


Figura 27. Evolução cronológica dos artigos selecionados para PS.

Quanto à área de ES foram identificados 34 artigos relevantes. Destes, 27 no portal de periódicos da CAPES e 7 no IEEE Xplorer, dos quais foram selecionados 10 da CAPES e 3 do IEEE com predominância de publicações em 2012. Um resumo pode ser visto nas figuras 28, 29 e no Quadro 12.

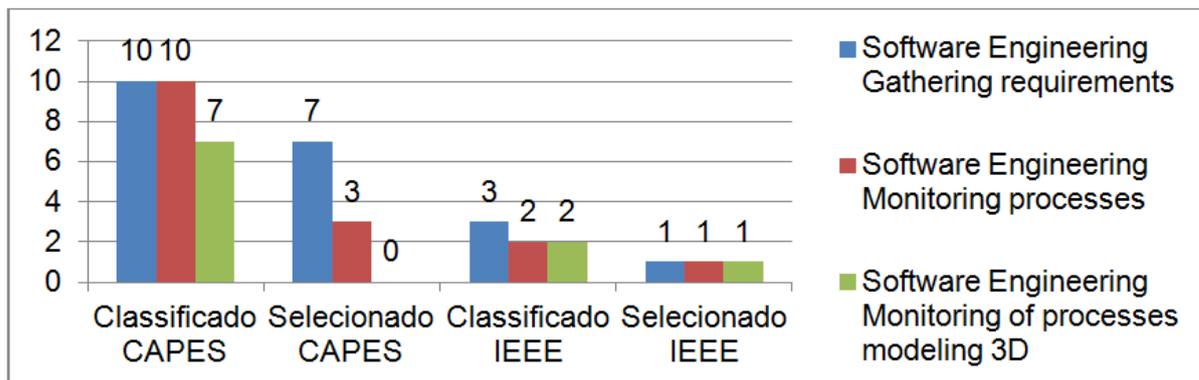


Figura 28. Resultados da aplicação dos critérios de busca para ES.

Técnicas	Referência(s)	Ano(s)
<i>Software Engineering Gathering requirements</i>	[44],[45],[46],[47],[48],[49],[50],[51]	2011, 2011, 2012, 2012, 2012, 2012, 2012, 2010
<i>Software Engineering Monitoring processes</i>	[52],[53],[54],[55]	2011, 2011, 2012, 1999
<i>Software Engineering Monitoring of processes modeling 3D</i>	[56]	2009

Quadro 12. Artigos selecionados por técnica para ES.

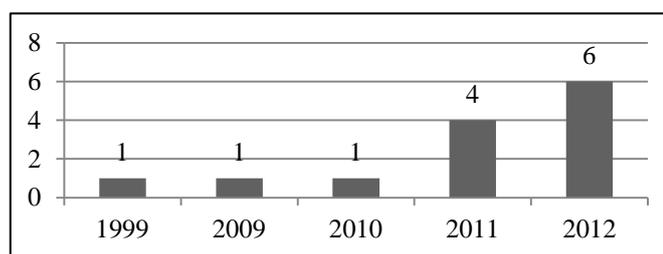


Figura 29. Evolução Cronológica para ES.

Os artigos classificados vem da leitura primária estabelecida no modelo da PSL. Já os selecionados são aqueles que satisfazem os critérios e as perguntas do planejamento, obtidos com a leitura completa.

4.2 Objetos de aprendizagem

Com relação aos resultados obtidos com os objetos de aprendizagem, foram gerados quatro vídeos com o conteúdo necessário para a construção de uma base de conhecimento inicial para que um médico consiga interpretar o funcionamento de um hexápode baseado na plataforma de Stewart.

Dessa forma, o primeiro vídeo contém a apresentação de um Sistema Hexápode de Ilizarov, onde são apresentadas as partes que compõem um SHI e alguns exemplos de utilização. A figura 30 mostra alguns *frames* capturados do primeiro objeto de aprendizagem criado.



Figura 30. Algumas imagens do primeiro objeto de aprendizagem explicativo sobre o SHI.

Ainda nessa perspectiva de demonstrar o funcionamento do SHI, o segundo vídeo tem o intuito de explicar como funcionam os graus de liberdade de um sistema hexápode. A figura 31 demonstra alguns *frames* dos movimentos realizados em 3D durante a execução do objeto de aprendizagem.



Figura 31. Explicando os graus de liberdade de um SHI com movimentos em 3D.

Já o terceiro objeto de aprendizagem tem o objetivo de demonstrar que o antigo fixador externo de Ilizarov realizava movimentos de alongamento de membros e que, assim

também, o SHI realiza o mesmo movimento. Além disso, como mostram os *frames* da figura 32, o hexápode é posicionado no osso, e o local da deformidade ou onde se deseja alongar é seccionado, para que, em seguida, seja possível realizar os movimentos com o aparelho.

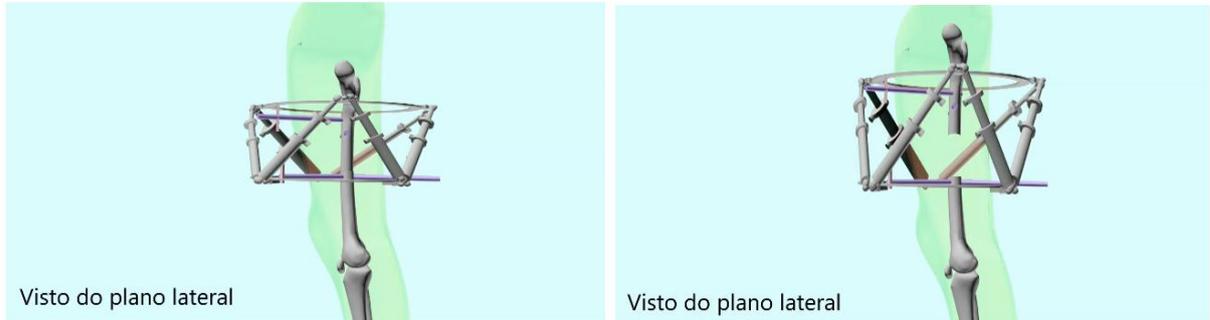


Figura 32. Explicando o alongamento de membros com o SHI.

Por fim, o quarto e último objeto de aprendizagem desenvolvido visa construir o conhecimento acerca da correção de um osso com deformidade que precisa ser realocado para sua posição anatômica. A figura 33 ilustra alguns *frames* desse processo.

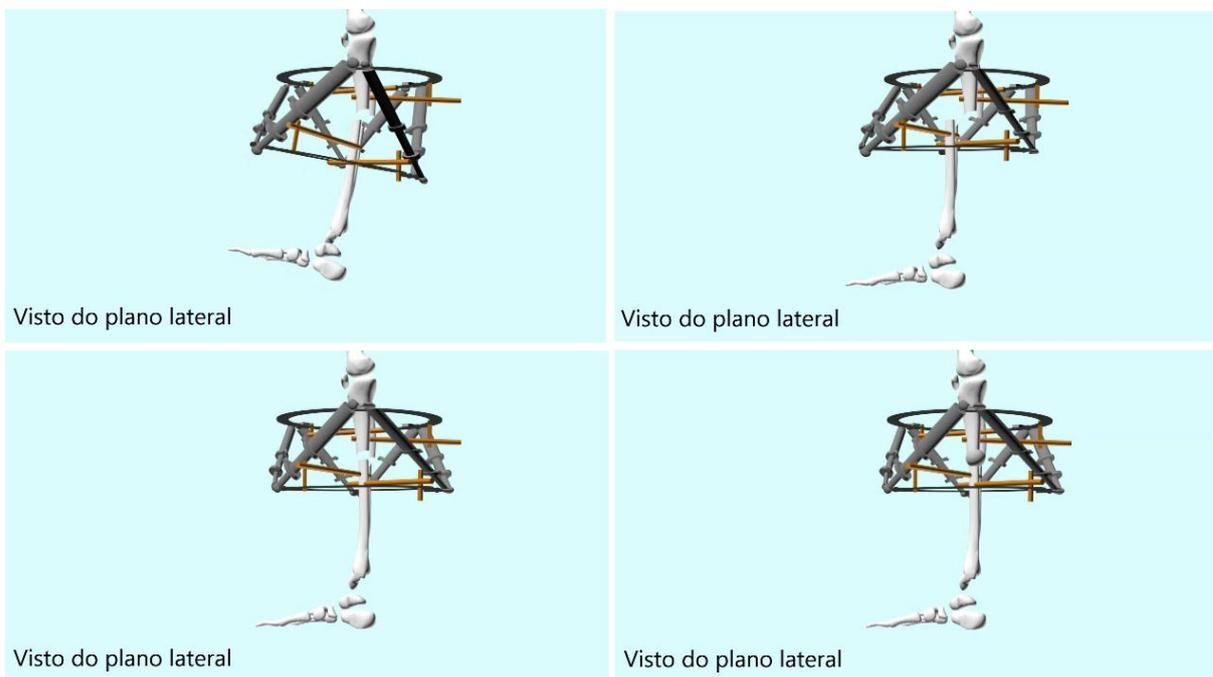


Figura 33. Correção de uma deformidade utilizando o SHI.

Por fim, todos os vídeos resultantes foram salvos na qualidade de NTSC DV, com tamanho de 720 por 480 *pixels*, e disponibilizados no *website* de compartilhamento de vídeos Youtube. Seus respectivos *links* são:

" VIDEO 01 Apresentação do Sistema Hexápode de Ilizarov "

Link: <http://www.youtube.com/watch?v=bhl0No2w9HA;>

" VIDEO 02 Seis graus de liberdade HD "

Link: <http://www.youtube.com/watch?v=PKExzRgBKI;>

" VIDEO 03 SHI no alongamento de ossos HD "

Link: <http://www.youtube.com/watch?v=YSCWSB5Q0Es;>

" VIDEO 04 SHI na correção de deformidades ósseas HD "

Link: [http://www.youtube.com/watch?v=wJhD-zXoiOY.](http://www.youtube.com/watch?v=wJhD-zXoiOY)

4.3 Processo de avaliação dos objetos de aprendizagem

Visando avaliar o nível de compreensão dos OA desenvolvidos, o Product Owner desenvolveu, seguindo orientações gerais do autor deste estudo, um procedimento de apresentação dos OA e de sua avaliação, com dois grupos de médicos.

No processo de avaliação, tanto para o grupo 1, formado por médicos residentes em ortopedia, como para o grupo 2, formado por médicos especialistas em ortopedia, foram exibidos os quatro objetos de aprendizagem desenvolvidos, descritos na seção 4.2 do capítulo IV como:

- " VIDEO 01 Apresentação do Sistema Hexápode de Ilizarov ";
- " VIDEO 02 Seis graus de liberdade HD ";
- " VIDEO 03 SHI no alongamento de ossos HD ";
- " VIDEO 04 SHI na correção de deformidades ósseas HD ".

Na aplicação do questionário (apêndice 05) com o grupo 1 estavam presentes onze médicos ortopedistas.

Assim, para análise dos resultados obtidos antes e depois da aplicação dos objetos de aprendizagem foi levada em consideração a condição de normalidade pelo teste de *Shapiro-Wilks*, com um nível de significância de 5% (0,05).

Para os resultados obtidos antes e depois da aplicação dos objetos de aprendizagem citados anteriormente e com relação à avaliação do conhecimento sobre sistemas hexápodes,

seis graus de liberdade e sobre SHI, foram expressos por médias, valores mínimos, valores máximos e desvios padrões, conforme mostram os quadros 11, 12 e 13, respectivamente.

Dados estatísticos obtidos com o grupo 1 antes e depois da aplicação dos objetos de aprendizagem para avaliação do conhecimento sobre sistemas hexápodes				
Variáveis	Média	Valor Mínimo	Valor Máximo	Desvio Padrão
Antes	1,29	0,71	2,50	0,57
Depois	1,68	0,89	2,86	0,67
Diferença (depois – antes)	0,38	1,79	1,96	0,10
Test t de Student (p < 0,001)				

Quadro 13. Avaliação do nível de compreensão sobre os sistemas hexápodes.

Dados estatísticos obtidos com o grupo 1 antes e depois da aplicação dos objetos de aprendizagem para avaliação do conhecimento sobre seis graus de liberdade				
Variáveis	Média	Valor Mínimo	Valor Máximo	Desvio Padrão
Antes	0,65	0,00	2,07	0,78
Depois	2,95	0,79	4,43	1,17
Diferença (depois – antes)	2,31	0,79	3,64	0,39
Test t de Student (p < 0,001)				

Quadro 14. Avaliação do nível de compreensão sobre seis graus de liberdade.

Dados estatísticos obtidos com o grupo 1 antes e depois da aplicação dos objetos de aprendizagem para avaliação do conhecimento sobre Sistemas Hexápodes de Ilizarov				
Variáveis	Média	Valor Mínimo	Valor Máximo	Desvio Padrão
Antes	1,58	0,93	1,07	0,54
Depois	2,14	1,07	4,07	0,88
Diferença (depois – antes)	0,56	1,64	3,00	0,34
Test t de Student (p < 0,009)				

Quadro 15. Avaliação do nível de compreensão sobre SHI.

Para avaliar o efeito da aplicação dos objetos de aprendizagem com relação aos valores obtidos pelos médicos ortopedistas (grupo 1), foi usado o teste *t* de Student para

amostras pareadas, com nível de significância de 5% ($\alpha=0,05$) (SILVA; FERREIRA, 2003). O valor obtido nas três situações foi de $p<0,009$ mostrando que há diferença estatisticamente significativa entre as médias, mostrando que houve um aumento significativo no nível de compreensão.

Igualmente, para os mesmos objetos de aprendizagem foi realizada a avaliação com o grupo 2, como o grupo era formado por especialistas em fixadores externos. Foi solicitado que classificassem os objetos de aprendizagem em questão. Por se tratar de um grupo restrito e específico e de difícil acesso, esse questionário foi aplicado a oito especialistas. Levando em consideração a distribuição da classificação informada no capítulo dos métodos de avaliação, seguem os dados classificados por cada participante no quadro 14 por meio da nota atribuída com a marcação do nível de satisfação.

Dados estatísticos obtidos com o grupo 2 antes e depois da aplicação dos objetos de aprendizagem		
Participante	Valor	Classificação
1	6,50	Bom
2	5,80	Regular
3	6,40	Regular
4	10,00	Excelente
5	5,60	Regular
6	7,90	Bom
7	8,60	Muito Bom
8	5,40	Regular
Média		
	7,03	Bom

Quadro 16. Avaliação dos OA por especialistas.

Capítulo V

5. Conclusões

Para discutir as considerações finais do trabalho é importante lembrar que não houve a possibilidade de avaliar em si a dinâmica do Scrum, já que era uma equipe pequena formada pelo *Product Owner*, que era o médico especialista que orientou e acompanhou o processo desde o início, na fase de levantamento de requisitos e o orientador desse trabalho o professor Guilherme Vilar; o *Scrum Master* e o *Team*, como eram um só, o autor do trabalho, as reuniões diárias e os artefatos foram reduzidos à adaptação dos roteiros e cada incremento resultando era uma modelagem 3D para ser utilizada pelo roteiro principal.

Assim, como o *Product Owner* era o médico especialista e sendo a avaliação dele sobre os OA3D definido pelo menos como excelente (10 pontos), percebe-se que foi útil a instanciação do Scrum para esse projeto, pois atendeu a demanda do principal “cliente” dentro da perspectiva de engenharia de *software*.

Os resultados do *Test t Student* mostraram que houve um aumento significativo no nível de compreensão dos sistemas hexápodes, seis graus de liberdade e no SHI com $p < 0,009$.

De forma semelhante, a avaliação pelos médicos especialistas possibilitou perceber que as sugestões propostas pelos mesmos devem promover também um maior incremento no nível de compreensão, pois quando uma nota era abaixo da média dos especialistas, sempre houve uma sugestão feita pelo médico especialista que estava sendo avaliado, inserindo sugestões de realizar o procedimento em mais partes do corpo. Além disso, a avaliação geral possibilitou perceber na escala de qualificação que os OA3D foram avaliados, em média, pelos especialistas, como “Bom”, com nota 7,03.

Embora o trabalho tenha como resultado os artefatos da ES, que são os OA3D construídos com o apoio da adaptação do Scrum, um dos pontos fracos do trabalho foi que não houve tempo para construção de outros OA3D que atendessem uma demanda maior de médicos, fossem eles especialistas ou residentes, o que fica como sugestão para trabalhos futuros.

Entretanto, o trabalho com a adaptação do Scrum para construção de OAM3D foi proveitoso, pois trouxe uma aproximação e semelhança com o desenvolvimento de *software* convencional, o que permitiu observar um provável aumento na qualidade dos OAM3D desenvolvidos.

Com os roteiros, foi possível de forma semelhante ao processo de desenvolvimento de *software* tradicional, traçar o modelo de desenvolvimento dos OAM3D que a todo instante

poderia ser mudado até ser aprovado para que a equipe de desenvolvimento pudesse realmente construir o objeto, ou modelar as partes necessárias que comportariam um OAM3D final.

Porém, uma desvantagem ao utilizar essa adaptação, é que o Scrum por ser uma metodologia de *software* que se pretende ágil, fez com que a adaptação apresentada herdasse essa característica. Dessa forma, pode ser indicado como trabalhos futuros o aperfeiçoamento da documentação da construção do OAM3D para ir além dos roteiros propostos, gerando mais artefatos de documentação do processo.

Assim, os objetos seguiram um guia para serem construídos, com reuniões e documentação baseada em objetivos para obter os artefatos de OAM3D desejados, porém nem sempre a modelagem ficava o espelho do roteiro, o que demandava atenção *do Scrum Master* após a entrega das *Sprint* e dos Produtos de *Backlog*.

Então, o objeto de aprendizagem que tinha o objetivo de desenvolver o nível de compreensão sobre os sistemas hexápodes de Ilizarov, foi implementado sem muita dificuldade, e o roteiro foi seguido sem muitas alterações, pois se tratava de um objeto 2D, onde a modelagem se dava apenas com a manipulação de vídeo.

Já o OAM3D que pretendia desenvolver o nível de compreensão sobre os seis graus de liberdade, exigiu modelagem 3D, o que dificultou manter o cronograma discutido nas reuniões semanais do Scrum, pois a equipe de desenvolvimento na maioria das vezes necessitava de mais tempo do que o que fora estimado para concluir a *Sprint* ou Produto de *Backlog*.

Ainda com relação aos OAM3D, era necessário desenvolver também o nível de compreensão sobre o método de Ilizarov (FEI) antigo e o novo (SHI), e, assim como no objeto citado anteriormente, foi necessário rever o cronograma, pois a modelagem 3D demandava tempo além do estimado nas reuniões semanais.

Por último, o OAM3D que visava desenvolver o nível de compreensão sobre a correção de um problema em uma perna, foi desenvolvido da mesma forma dos demais, com a mesma dificuldade de tempo encontrada, porém com a experiência da equipe, a estimativa de tempo para desenvolvimento deste objeto foi medida baseada nos atrasos das demais, o que fez com que o prazo para entrega do objeto fosse cumprido.

Referências

- AUTODESK. **AUTODESK 3DS MAX Overview**, Acesso em: 18 ago. 2013. Disponível em: <<http://www.autodesk.com.br/products/autodesk-3ds-max/overview>>.
- AY, S.; VATANDAS, O.E.; HACIOGLU, A. The effect of radius of joint location on workspace analysis of the 6-6 Stewart platform mechanism. recent advances in space technologies. **RAST** '09. DOI: 10.1109/RAST.2009.5158287, page(s): 728. IEEE CONFERENCE PUBLICATIONS. 2009.
- BAKI, Adnan; ÇAKIROĞLY, Ünal. Learning objects in high school mathematics classrooms: Implementation and evaluation. **Computers & Education**, v. 55, n. 4, pp.1459-1469. ISSN: 0360-1315 ; DOI: 10.1016/j.compedu.2010.06.009. SciVerse ScienceDirect Journals, 2010.
- BATTISTELLA, Paulo Eduardo.; WANGENHEIM, Aldo.; WANGENHEIM, Christiane Gresse. - Evaluation of Free Authoring Tools for Producing SCORM-**Conform Learning Objects**. v. 5, n. 4. ITEE/IEEE. 2010.
- BIOE - **Banco Internacional de Objetos Educacionais**. Disponível em: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/>>. Acesso em: 17 ago. 2013.
- BIOLCHINI, J.; MIAN, P. G.; NATALI, A. C. C.; TRAVASSOS, G. H. Systematic Review in Software Engineering. Relatório Técnico (Programa de Engenharia de Sistemas e Computação) Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ – Rio de Janeiro, 2005.
- BLENDER. **Blender Overview**. Disponível em: < <http://www.blender.org/> >. Acesso em: 18 ago. 2013.
- BRANDT, G.; RAU, G.; RADERMACHER, K.; LAVALLÉE, ST. ; ERBSE, St.; STAUDTE, H.-W. - **Development of a Robot with Optimized Kinematics for the Treatment of Bone Structures**. Department of Orthopedic Surgery, District Hospital Marienhohe, Wiirselen, Germany. 1996.
- CECHINEL, Cristian.; SÁNCHEZ-ALONSO, Salvador.; GARCÍA-BARRICONAL, Elena. Statistical profiles of highly-rated learning objectsutor. **Computers & Education**, v. 57, n.1, pp.1255-1269. ISSN: 0360-1315; DOI: 0.1016/j.compedu.2011.01.012. SciVerse ScienceDirect Journals. 2011.

CHEN, Chun-Ta.; LIAO, Te-Tan. A hybrid strategy for the time- and energy-efficient trajectory planning of parallel platform manipulators robotics and computer integrated manufacturing, v. 27, n. 1, pp.72-81. ISSN: 0736-5845; DOI: 10.1016/j.rcim.2010.06.012. SciVerse ScienceDirect journals. 2011.

CHOI, MinHee.; KIM, Wheekuk.; YI, Byung-Ju. Trajectory planning in 6-degrees-of-freedom operational space for the 3-degrees-of-freedom mechanism configured by constraining the Stewart platform structure. **Control, Automation and Systems**. ICCAS '07. DOI: 10.1109/ICCAS.2007.4406521. page(s): 1222. 2007.

CHOU, Ya-Cheng; YU, Wei-Shun; HUANG, Ke-Jung.; LIN, Pei-Chun. Bio-inspired step-climbing in a hexapod robot. **Bioinspiration & Biomimetics**. DOI: 10.1088/1748-3182/7/3/036008. 2012.

CHUNG, I-Fang.; CHANG, Hung-Hsiang.; LIN, Chin-Teng. Fuzzy control of a six-degree motion platform with stability analysis. systems, man, and cybernetics. **IEEE SMC '99 Conference Proceedings**. DOI: 10.1109/ICSMC.1999.814111, page(s): 325, 1999.

COCHRANE, Thomas. Developing interactive multimedia Learning Objects using QuickTime. **Computers in Human Behavior**, v. 23, n. 6, pp.2596-2640. ISSN: 0747-5632 DOI: 10.1016/j.chb.2006.08.007, SciVerse, **ScienceDirect Journals**. 2007.

COCHRANE, Thomas. Interactive QuickTime: developing and evaluating multimedia learning objects to enhance both face-to-face and distance e-learning environments. **Interdisciplinary Journal of Knowledge, and Learning Objects**, Annual, v.1, p.33(22). Cengage Learning, Inc.2005.

COLLOFELLO, J. S.; HART, M. Monitoring team progress in a software engineering project class. frontiers in education conference, 1999. FIE '99. 29th annual. DOI: 10.1109/FIE.1999.839226. page(s): 11B4/7. **IEEE CONFERENCE PUBLICATIONS**. 1999.

CONCEIÇÃO, Gilsélia da S.; MATOS, Helen F. L.; BATISTA, Mileide de A.; COSTA, Robherson W. de S.; LIMA, Ruth A. **A importância de Recursos Multimídia na Aprendizagem Escolar**. 63ª Reunião Anual da SBPC. SBPC Jovem, Resumos de Comunicações Livres - ISSN: 2176-1221. UFG, Goiânia - GO, 2011.

DASGUPTA, Bhaskar.; MRUTHYUNJAYA, T.S. Singularity-free path planning for the Stewart platform manipulator. **Mechanism and Machine Theory**, v. 33, n. 6, pp.711-725. ISSN: 0094-114X; DOI: 10.1016/S0094-114X(97)00095-5. SciVerse, ScienceDirect Journals. 1998.

DAVLIAKOS, Ioannis; PAPADOPOULOS, Evangelos. Model-based control of a 6-dof electrohydraulic Stewart–Gough platform. **Mechanism and Machine Theory**, v. 43, n.11, pp. 1385-1400; ISSN: 0094-114X; DOI: 10.1016/j.mechmachtheory.2007.12.002. SciVerse ScienceDirect Journals. 2007.

DEV, P. Tutorial: Imaging and Visualization in Medical Education. **IEEE Computer Graphics and Applications**, v. 19, n.3,p.21-23. 1999.

EASLEY, Mark.; COLIN, Looney.; WELLMAN, Samuel.; WILSON, Joseph. Ankle Arthrodesis Using Ring External Fixation. **Techniques in Foot and Ankle Surgery**, v. 5, n. 3, pp. 150–163, 2006.

FERREIRA, Décio.; COSTA, Felipe.; ALONSO, Filipe.; ALVES, Pedro; NUNES, Tiago. **SCRUM Um Modelo Ágil para Gestão de Projectos de Software**. Engenharia de Software, LEIC, Universidade do Porto, 2005.

FRAGUELA, L.; FRIDMAN, L.; ALEXANDROV, V.V. Output integral sliding mode control to stabilize position of a Stewart platform. **Journal of the Franklin Institute**, v. 349, n. 4, pp.1526-1542. ISSN: 0016-0032; DOI: 10.1016/j.jfranklin.2011.04.002. SciVerse ScienceDirect journals. 2012.

GENG, Zheng.; HAYNES, Leonard S.; LEE, James D.; CARROLL, Robert L. On the dynamic model and kinematic analysis of a class of Stewart platforms. **Robotics and Autonomous Systems**, v. 9, n. 4, pp.237-254. ISSN: 0921-8890; DOI: 10.1016/0921-8890(92)90041-V.SciVerse ScienceDirect journals. 1992.

GHAI, Sunaina; KAUR, Jagpuneet. Analysis of User Requirements Gathering Practices in Agile and Non-Agile *Software* Development Team. **International Journal of Computer Applications**, v. 58, n. 8, p. 13. ISSN: 09758887. Directory of Open Access Journals (DOAJ). 2012.

HAINES, Thomas.; CONNOLLY, Thomas M.; STANSFIELD, Mark.; BOYLE, Elizabeth A. Evaluation of a game to teach requirements collection and analysis in software engineering at tertiary education level. **Computers & Education**, v. 56, n. 1, pp.21-35.

ISSN: 0360-1315; DOI: 10.1016/j.compedu.2010.09.008. SciVerse ScienceDirect journals, 2011.

HANNAN, Mohammad. Analysis of the collaborative activities in software development processes from the perspective of chronotopes. **Computers in Human Behavior**, v. 27, n. 1, pp.248-267. ISSN: 0747-5632; DOI: 10.1016/j.chb.2010.08.003. SciVerse ScienceDirect journals. 2011.

HAUGHEY, Margaret; MUIRHEAD, Bill. The Pedagogical and Multimedia Designs of Learning Objects for Schools. **Australasian Journal of Educational Technology**, n. 21, n. 4, p. 470-490. ISSN: 1449-5554. ERIC (U.S. Dept. of Education), 2005.

HERDON, A. A.; CRAMER, M.; SPRONG, K. Analysis of advanced flight management systems (FMS), flight management computer (FMC) field observations trials, Radius-to-Fix path terminators. **Digital Avionics Systems Conference**. DASC 2008. IEEE/AIAA 27th. DOI: 10.1109/DASC.2008.4702775 page(s): 2.A.5-1. 2008.

HOROVITZ, D. D. G. Atenção aos defeitos congênitos no sistema de saúde. (Tese de Doutorado). Curso de Pós-graduação em Saúde Coletiva, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, p. 149, 2003.

JIA, Zhen-Yuan.; LIN, Sheng.; LIU, Wei. Measurement method of six-axis load sharing based on the Stewart platform. **Measurement**, v. 43, n. 3, pp.329-335. ISSN: 0263-2241 ; DOI: 10.1016/j.measurement.2009.11.005. SciVerse ScienceDirect Journals. 2010.

JORNAL DA CIÊNCIA. **Natureza aplicada à vida cotidiana**. Disponível em: <<http://jornaldaciencia.org.br>>. Acesso em: 11 nov. de 2013.

KLUMPER, K.; MORBI, A.; CHISHOLM, K. J.; BERANEK, R.; AHMADI; M. LANGLOIS, R. - orientation control of atlas: A novel motion simulation platform. **Mechatronics**, v. 22, n. 8, pp.1112-1123. ISSN: 0957-4158; DOI: 10.1016/j.mechatronics.2012.09.008. SciVerse ScienceDirect journals. 2012.

KYBARTAITE, A.; NOUSIAINEN, J.; MALMIVUO, J. Learning Objects for the Virtual Campus of Biomedical Engineering, IEEE **Multidisciplinary Engineering Education Magazine (MEEM)**, - submitted, 2010.

LEE, Daniel K.; DUONG, Elizabeth Thu Anh; CHANG, Douglas G. The Ilizarov Method of External Fixation: Current Intraoperative Concepts. **AORN Journal**. n. 91, n. 3. March 2010.

LIMA JÚNIOR, Emilton, KNOPFHOZ, José, MENINI, Carla. M.. Estresse Durante Cursos de Suporte de Avançado de Vida em Cardiologia. É importante no Aprendizado de Habilidades? **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, v. 79, n. 6, p. 585 – 588, 2002.

LITOS, Precision Hexapod - The Optimal Extension for all Ilizarov external fixation systems. 2006. Disponível em: <http://litos.com/upload/files/Produkt-PDFs/litos_Praezisions-Hexapod.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2013.

LITOS. 2006. Acesso em: 24 set. 2013. Disponível em: http://www.mattymedical.com/images/LITOS/poli_hex_easy_hex_engl.pdf

MAIA, Pedro; FERREIRA, Rui; SANTOS, Vítor; SILVA, Filipe. Concepção e Análise de um Sistema Articulado para Locomoção Hexápode a dois Graus de Liberdade. **Centro de Tecnologia Mecânica e Automação**. Universidade de Aveiro, Portugal. 2013. Acesso em: 24 set. 2013. Disponível em: <http://www.rcaap.pt/detail.jsp?id=oai:revistas.ua.pt:article/1860>

MCKUSICK, V. The Gordon Wilson Lecture: The Clinical Legacy Of Jonathan Hutchinson (1828-1913): Syndromology and Dysmorphology Meet Genomics. **Trans Am Clin Climatol Assoc**, v. 116, pp. 15-38, 2005.

MELLO, Camilla Bacellar. Controle de Trajetória de uma Plataforma de Stewart para Simulação de Transferência de Carga Fora de Porto. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Abril de 2011.

MENG, Qiang.; ZHANG, Tao.; HE, Jingfeng.; SONG, Jigyan.; CHEN, Xuedong. Improved model-based control of a six-degree-of-freedom stewart platform driven by permanent magnet synchronous motors. **Industrial Robot: An international Journal**, v. 39, n. 1, p.47-56. Emerald group publishing limited. ISSN: 0143-991X; DOI: 10.1108/01439911211192493. Emerald management eJournals. 2012.

MERLET, J. P., **Parallel Robots** - 2 ed. v. 128. Netherlands, Springer. 2006.

MOLLOY, Andrew Peter.; ROCHE, Andy.; NARAYAN, Badri. Treatment of nonunion and malunion of trauma of the foot and ankle using external fixation. **Foot and Ankle Clinics of North America**, v. 14, n. 3, pp.563-587. ISSN: 1083-7515; DOI: 10.1016/j.fcl.2009.03.007. SciVerse ScienceDirect journals. 2009.

MORAN, José Manuel.; MASETTO, Marcos T.; BEHRENS, Marilda Aparecida. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. Campinas, SP: Papyrus, 2000.

NAJJAR, Jehad.: DUVAL, Erik. Actual Use of Learning Objects and Metadata An Empirical Analysis. **Computer Science Department**, K.U.Leuven, B-3001 Leuven, Belgium, IEEE, 2003.

NANGIA, Shonu. MERLOT in the classroom: enhancing foreign language instruction through online learning objects. **Michigan Academician**, Spring, v. 40, n. 1, p.105 (1), ISSN: 0026-2005, Cengage Learning, Inc. 2010.

NEGASH, D.S.; MITRA, R. Integral sliding mode controller for trajectory tracking control of Stewart platform manipulator Industrial and Information Systems (ICIIS), **International Conference on Topic(s): Communication, Networking & Broadcasting**; Digital Object Identifier: 10.1109/ICIINFS.2010.5578628, Page(s): 650. IEEE CONFERENCE PUBLICATIONS. 2010.

OLIMPO, G.; BOTTINO, R. M.; EARP, J.; OTT, M.; POZZI, F.; TAVELLA, M. Pedagogical plans as communication oriented objects. **Computers & Education**, v. 55, n. 2, pp.476-488. ISSN: 0360-1315; DOI: 0.1016/j.compedu.2010.02.011. SciVerse ScienceDirect Journals. 2010.

OMURLU, V.E.; BUYUKSAHIN, U.; YILDIZ, I.; UNSAL, A.; SAGIRLI, A.; ENGIN, S.N.; KUCUKDEMIRAL, I.B. A Stewart platform as a FBW flight control unit for space vehicles. Recent Advances in Space Technologies. **RAST '09**. DOI: 10.1109/RAST.2009.5158285, Page(s): 716. IEEE CONFERENCE PUBLICATIONS. 2009.

PEDRAMMEHR, Siamak.; MAHBOUBKHAH, Mehran.; KHANI, Navid. - Improved dynamic equations for the generally configured Stewart platform manipulator. **Journal of Mechanical Science and Technology**, v. 26, n. 3, pp.711-721. ISSN: 1738-494X; E-ISSN: 1976-3824 ; DOI: 10.1007/s12206-011-1231-0. Springer Science & Business Media B.V. 2012.

PENCHASZADEH, V. B. Genética y salud pública. Boletín de la Oficina sanitaria panamericana. v. 115, n.1, p.1-11. 1993.

PIZLO, Zygmunt.; SAWADA, Tadamasu.; LI, Yunfeng.; KROPATSCH, Walter G. e STEINMAN, Robert M. New approach to the perception of 3D shape based on veridicality, complexity, symmetry and volume. ISSN: 0042-6989; DOI: 10.1016/j.visres.2009.09.024. SciVerse ScienceDirect Journals. 2009.

PORTILLO-RODÍGUEZ, Javier.; VIZCAÍNO, Aurora.; PIATTINI, Mario.; BEECHAM, Sarah. Tools used in global software engineering: A systematic mapping review. **Information and Software Technology**, v. 54, n. 7, pp.663-685. ISSN: 0950-5849; DOI: 10.1016/j.infsof.2012.02.006. SciVerse ScienceDirect journals. 2012.

PROFESSOR WEB, **Uso de imagem como referência em modelagem 3D**. Disponível em: <<http://oprofessorweb.wordpress.com/2013/08/08/o-uso-de-imagem-como-referencia-em-modelagem-3d/>> Acesso em: 15 nov. 2013.

PROJETO HOMEM VIRTUAL. **Website do Projeto Homem Virtual**. Disponível em: <<http://www.projctohomemvirtual.com.br/>>. Acesso em: 17 ago. 2013.

QUANGUI, Zhang.; PU, Wang.; JIANZHUO, Yan.; LIYING, Fang.; YONGSHENG, Qi. Research on Human-Computer interaction in 3D configuration software. research challenges in computer science. **ICRCCS '09**. DOI: 10.1109/ICRCCS.2009.14, page(s): 18. IEEE CONFERENCE PUBLICATIONS. 2009.

R. NETO, João Ozório., CUNHA, Cleize Silveira., CUNHA, Cristiane Silveira., RODRIGUES, Adriana Novaes; TAVARES, Mauro. Aprendizagem baseada em problemas: o mito e realidade. **Cadernos UniFOA**. Edição nº 16 - Agosto/2011.

RAMACHANDRAN, Muthu. Guidelines based software engineering for developing software components. **Journal of Software Engineering and Applications (JSEA)**, v. 5, n. 1, p.1(6). ISSN: 1945-3116. cengage learning, inc. jan, 2012.

RAMOS, Aritana Pereira., OLIVEIRA, Maria Nice Dutra; CARDOSO, Jefferson Paixão. Revalência de Malformações Congênitas e Recém-Nascidos em Hospital da Rede Pública. **Revista Saúde.Com**, v. 4, n. 1, pp. 27-42. 2008.

REIS, Adriana Teixeira., SANTOS, Rosângela da Silva e MENDES, Taiana Alvez Ribeiro. Prevalência de Malformações Congênitas no Município do Rio de Janeiro, Brasil, Entre 2000 e 2006. **Revista de Enfermagem UERJ**, Rio de Janeiro, 2011.

RIBEIRO, Bianca Carneiro. - Identificação de Dismorfologias utilizando Objetos de Aprendizagem. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Pós-Graduação em Ciências da Saúde. Curitiba, 2009.

RICHARDSON, Ita; CASEY, Valentine; MCCAFFERY, Fergal; BURTON, John; BEECHAM, Sarah. A Process Framework for Global *Software* Engineering Teams.

Information and Software Technology, v. 54, n. 11, pp.1175-1191 - ISSN: 0950-5849; DOI: 10.1016/j.infsof.2012.05.002. SciVerse ScienceDirect Journals. 2012.

SALA, Francesco; TALAMONTI, Tazio; AGUS, Maria Alice. Tetra focal leg reconstruction using combined Ilizarov/TSF technique. **Springer-Verlag**. 2011.

SALTAREN, Roque J.; PUGLISI, Lisandro J.; CENA, Cecilia Garcia.; REGUEIRO, Ivan Pena.; ARACIL, Rafael. Design of a hydraulic 6UPS mechanism for experimental research. universidad tecnológica de panamá, panamá and niversidade politecnica de madrid, madrid, spain. **CONPACAN XXXI**, nov. 2011.

SANTIAGO, Rafael de.; RAABE, André L. A. – Architecture for Learning Objects Sharing among Learning Institutions—LOP2P. vol. 3 no. 2, pp. 91-95 – UNIVALI – Unversidade do Vale do Itaja. DOI Bookmark: <http://doi.ieeeecomputersociety.org/10.1109/TLT.2010.9>. Abril/Junho 2010.

SANTOS, Nelson Filipe Pereira. Modelização de Um Sistema de Simulação de Uma Aeronave Aplicado a Uma Plataforma Electromecânica de Goug-Stewart. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Universidade de Lisboa. 2010.

SCHNEIDER, Kurt; KNAUSS, Eric; HOUMB, Siv; ISLAM, Shareeful; JÜJENS, Jan. Enhancing security requirements engineering by organizational learning. **Requirements Engineering**, v. 17, n. 1, pp. 35-56. ISSN: 0947-3602; E-ISSN: 1432-010X; DOI: 10.1007/s00766-011-0141-0. Springer Science & Business Media B.V. 2012.

SCHWABER, Ken; SUTHERLAND, Jeff. SCRUM.org, Guia do Scrum – Um guia definitivo para o Scrum: As regras do jogo. Outubro de 2011. Disponível em: <<http://www.scrum.org/Portals/0/Documents/Scrum%20Guides/Scrum%20Guide%20-%20Portuguese%20BR.pdf#zoom=100>> Acesso em 20. Fev. 2013.

SHASHANK, S. Phani.; CHAKKA, Praneeth.; KUMAR, D. Vijay. - A systematic Literature Survey of Integration Testing in Component-Based Software Engineering. Int'l Conf. on Computer & Communication Technology. **ICCCT'10**. IEEE. 2010.

SILVA, Júlia Marques C. da.; VICARI, Rosa Maria. Evaluating a Brazilian Metadata to Learning Objects to Web, Mobile and Digital Television Platforms. Federal University of Rio Grande do Sul - Postal Code 15064, Porto Alegre/RS, 91501-970, Brazil, IEEE. 2010.

SILVA, Roberta Bessa Veloso; FERREIRA, Daniel Furtado. Alternativas para o teste t com variâncias heterogêneas avaliadas por meio de simulação. **Ciênc. agrotec.** v. 27 n.1 Lavras Jan/Fev. 2003.

SILVA, R. W. A. D., Educação à Distância em Ambientes de Aprendizagem Matemática Auxiliada pela Realidade Virtual. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

SILVA FILHO, Antonio Mendes. Engenharia de *Software* - Essencial para próximas décadas. **Revista Espaço Acadêmico.** n. 121. ISSN: 1519-6186. Junho de 2011.

STEPHANOPOULOS, George.; REKLAITIS, Gintaras V. Process systems engineering: From solvay to modern bio- and nanotechnology. A history of development, successes and prospects for the future. **Chemical Engineering Science**, v. 66, n. 19, pp.4272-4306. ISSN: 0009-2509; DOI: 10.1016/j.ces.2011.05.049. SciVerse ScienceDirect journals. 2011.

STOUGHTON, R. S.; ARAI, T. A modified Stewart platform manipulator with improved dexterity. **Robotics and Automation**, IEEE Transactions. DOI: 10.1109/70.238280, Page(s): 166. IEEE JOURNALS & MAGAZINES. 1993.

STEWART, D. A Platform with Six Degrees of Freedom. **Proceeding of the Institution of Mechanical Engineers (UK).** v. 180. Pt 1, n. 15, 1965-1966.

TAHIR, A.; AHMAD, R. Requirement Engineering Practices - An Empirical Study. **Computational Intelligence and Software Engineering (CiSE).** DOI: 10.1109/CISE.2010.5676827. Page(s): 1. IEEE CONFERENCE PUBLICATIONS. 2010.

TORGAL, Fernando Pacheco.; JALALI, Said. Materiais Biomiméticos: Materiais de construção inspirado na natureza. **C-TAC - Artigos em Revistas Nacionais.** Mar 2011.

TORRI, Akihiro.; BANNO, Masaaki.; UEDA, Akiteru.; DOKI, Kae. - A small-size self-propelled Stewart platform. **Electrical Engineering in Japan**, v.181, pp.37-46. Identificador: ISSN: 0424-7760; E-ISSN: 1520-6416 ; DOI: 10.1002/ej.21261. John Wiley & Sons, Inc. 2012.

TRAVI, Alexandre Back. Plataforma de Stewart Adicionada por Cabos. **Instituto Militar de Engenharia.** Rio de Janeiro, 2009.

WASILEWSKI, Jacqueline Howell.; KAWAKAMI, Holly Siebert. Edward C. Stewart: Cultural dynamics pioneer. *international journal of intercultural relations* ISSN: 0147-1767 ; DOI: 10.1016/j.ijintrel.2012.08.012. SciVerse ScienceDirect journals. 2012.

WILEY, David A. Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. 2012. **Digital Learning Environments Research Group**. Acesso em: 25 ago 2012. Disponível em: < http://wesrac.usc.edu/wired/bldg-7_file/wiley.pdf >

WINDLE, Richard J.; MCCORMICK, Damion.; DANDREA, Jennifer.; WHARRAD, Heather. The Characteristics of Reusable Learning Objects That Enhance Learning: A Case-Study in Health-Science Education. **British Journal of Educational Technology**, v. 42, n. 5, p.811-823. ISSN: 0007-1013 ; DOI: 10.1111/j.1467-1010.2011.01108.x. ERIC (U.S. Dept. of Education). 2011.

WINDLE, Richard J.; WHARRAD, Heather.; MCCORMICK, Damion.; LAVERTY, Helen.; TAYLOR, Michael. Sharing and Reuse in OER: Experiences Gained from Open Reusable Learning Objects in Health. **Journal of Interactive Media in Education**, ISSN: 1365-893X. ERIC (U.S. Dept. of Education). 2010.

WINDOWS MOVIE MAKER. Disponível em: < <http://windows.microsoft.com/pt-br/windows-live/movie-maker#t1=overview>>. Acesso em: 18 ago. 2013.

WUKICH, Dane K.; BELCZYK, Ronald J. - An Introduction to the Taylor Spatial Frame for Foot and Ankle Applications. **Operative Techniques in Orthopaedics**, 2006, v.16, n. 1, pp.2-9. ISSN: 1048-6666 ; DOI: 10.1053/j.oto.2006.02.001. SciVerse ScienceDirect Journals. 2006.

YAO, Jiantao.; HOU, Yulei.; WANG, Hand.; ZHOU, Tiegling.; ZHAO, Yongsheng. Spatially isotropic configuration of Stewart platform-based force sensor. **Mechanism and Machine Theory**, v.46, n. 2, pp.142-155. ISSN: 0094-114X; DOI: 10.1016/j.mechmachtheory.2010.10.002. SciVerse ScienceDirect Journal. 2011.

YE, Ruihua.; CHEN, Yonghua. Development of a six degree of freedom (DOF) hybrid robot for femur shaft fracture reduction. **Robotics and Biomimetics. ROBIO**. DOI: 10.1109/ROBIO.2009.4913021, page(s): 306. IEEE CONFERENCE PUBLICATIONS. 2009.

YEN, Neil Y.; SHIH, Timothy K.; CHAO, Louis R.; JIN, Qun. Ranking Metrics and Search Guidance for Learning Object Repository, v. 3, n. 3. pp. 250-264. DOI Bookmark: <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/TLT.2010.15>, IEEE, Julho/Setembro 2010.

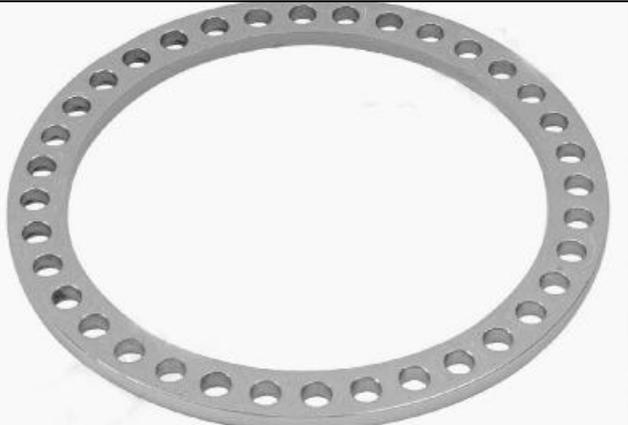
APÊNDICES

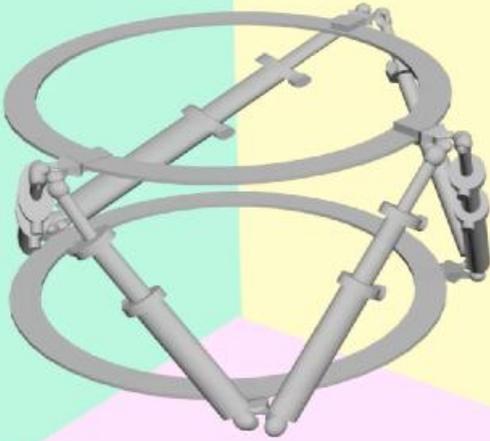
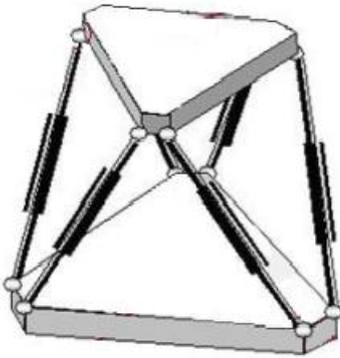
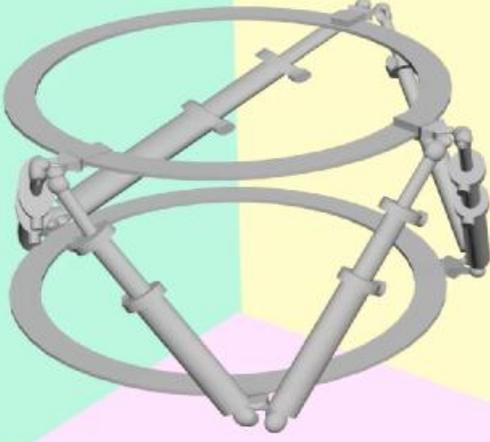
APÊNDICE 01

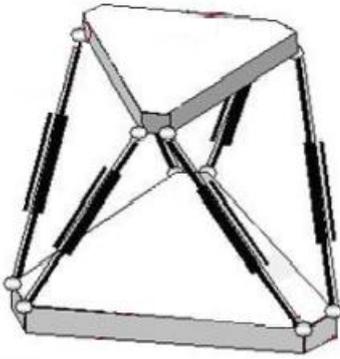
Hexápode/Vídeo 2D apresentação inicial de um Sistema Hexápode de Ilizarov	
PLANEJAMENTO PARA DESENVOLVIMENTO DE UM OBJETO DE APRENDIZAGEM	
Nome:	Apresentação inicial de um Sistema Hexápode de Ilizarov
Tema:	A percepção de um SHI montado
Duração:	2~3 minutos
Justificativa:	Atender a necessidade da falta de compreensão da função de um SHI e dos componentes que o contempla.
Problema:	Compreender as partes que compõe o SHI
Objetivo geral:	Desenvolver um objeto de aprendizagem que permita ao médico a compreensão das partes de um SHI
Objetivos específicos:	<ul style="list-style-type: none"> - Mostrar as partes que compõe o sistema - Mostrar a comparação entre o SHI e a Plataforma de Stewart - Mostrar exemplos de utilização de uma Plataforma de Stewart
Descrição:	No vídeo deverão conter: <ul style="list-style-type: none"> - Anéis de ilizarov - Adaptador Y - Distrator - Plataforma montada do SHI - Plataforma montada da Plataforma de Stwart
Metodologia:	<ul style="list-style-type: none"> - Ferramentas a serem utilizadas: Autodesk 3Ds Max, Photoshop, Windows Movie Maker. - Técnica de modelagem utilizada: modelagem de forma livre e modelagem por referência. - Técnica de animação: interpolação de quadro chaves e animação entre frames
Resultados Esperados:	Compreensão por parte dos médicos mais clara sobre o processo de montagem de um SHI e suas principais funcionalidades.
Avaliação:	

ROTEIRO 01

Roteiro – Explicação das partes de um Hexápode	“Sistema Hexápode de Ilizarov”
Sequência 1.: Textos iniciais são apresentados	
Apresenta um texto	“Apresentaremos em 4 vídeos aspectos relevantes para compreensão de um Sistema Hexápode de Ilizarov”
Apresenta os objetos do vídeo	
Apresenta conceitos sobre o SHI e seis graus de liberdade	
Sequência 2.: As partes serão apresentadas	

Apresenta um texto	“Partes do Sistema”
Apresenta uma imagem do anel Ilizarov com o texto “Anel / Base”	
Apresenta uma imagem do adaptador Y com o texto “Adaptador Y”	
Apresenta uma imagem do distrator com o texto “Distrator / Atuador”	
Apresenta um texto	“As partes do sistema são usadas para montar a plataforma”
Apresenta uma imagem de um SHI montado destacando e movendo o texto para cada parte do sistema: “Anel ->”, “Anel->”, “Adaptador Y ->” e por fim “Distrator / Atuador ->”.	
Apresenta um texto	“O Sistema Hexápode de Ilizarov se baseia na Plataforma de Stewart”
Apresenta um texto	“A seguir apresentaremos as nomenclaturas no Hexápode e em uma Plataforma de Stewart genérica”
Apresenta um texto	“A plataforma de Stewart consiste em uma placa estacionária (base) e uma placa móvel (efetuador)”

<p>Apresenta uma imagem destacando o texto para cada parte do sistema: “Placa Móvel ->”, “Placa Estacionária”.</p> <p>Nessa hora inverte os textos após apresentar o texto: “Ou”, “Placa Estacionária”, “Placa Móvel”</p>	
<p>Apresenta uma imagem destacando o texto para cada parte do sistema: : “Placa Móvel ->”, “Placa Estacionária”.</p>	
<p>Apresenta um texto</p>	<p>“Essas placas (anéis) são conectadas por seis elos. Cada um desses elos é formado por um atuador linear (distrator) e duas juntas (adaptador y) posicionadas aos extremos dos atuadores”</p>
<p>Apresenta uma imagem destacando o texto para cada parte do sistema: “Junta superior ->”, “Junta inferior ->”, “Atuador linear ->”.</p>	

<p>Apresenta uma imagem destacando o texto para cada parte do sistema: “Junta superior ->”, “Junta inferior ->”, “Atuador linear ->”.</p>	
<p>Sequência 1.: Os exemplos de utilização das Plataformas de Stewart são apresentados</p>	
<p>Apresenta um texto</p>	<p>“Exemplos de utilização”</p>
<p>Apresenta um texto</p>	<p>“Simulação de voo”</p>
<p>Apresenta uma imagem</p>	
<p>Apresenta um texto</p>	<p>“Simulação automobilística”</p>
<p>Apresenta uma imagem</p>	
<p>Apresenta um texto</p>	<p>“Simulação de estabilidade em transporte de carga”</p>
<p>Apresenta uma imagem</p>	
<p>Apresenta um texto</p>	<p>“Correção de deformidades ósseas na Ortopedia”</p>

<p>Apresenta uma imagem</p>		
<p>Apresenta uma imagem</p>		
<p>Apresenta texto com links para outros vídeos</p>		

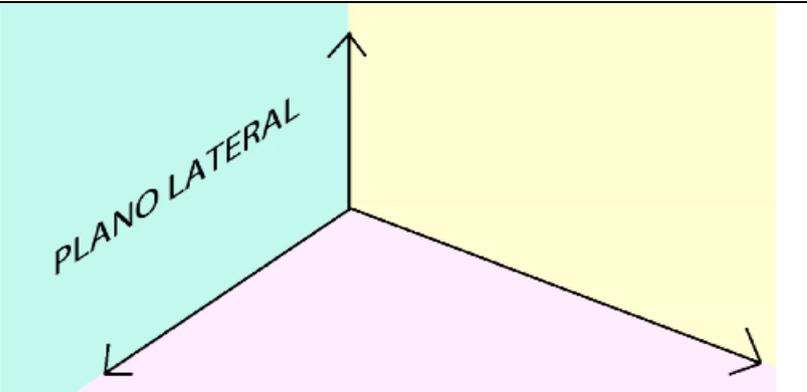
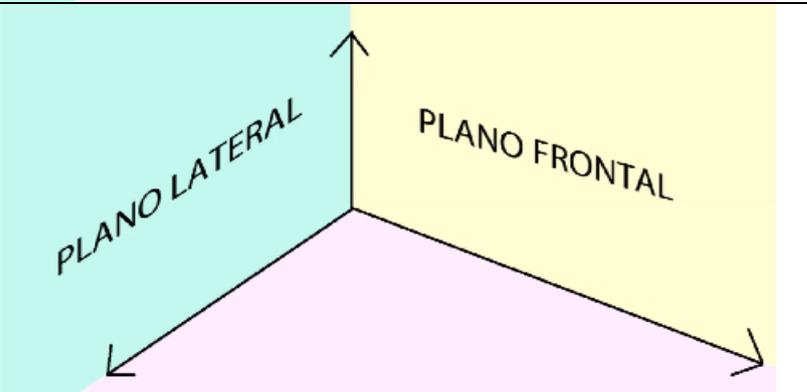
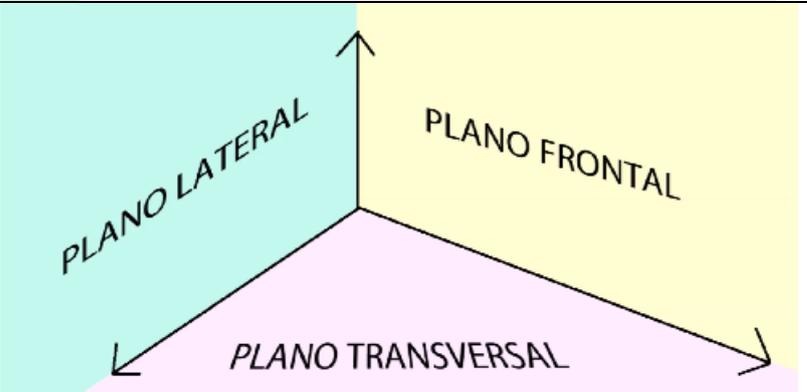
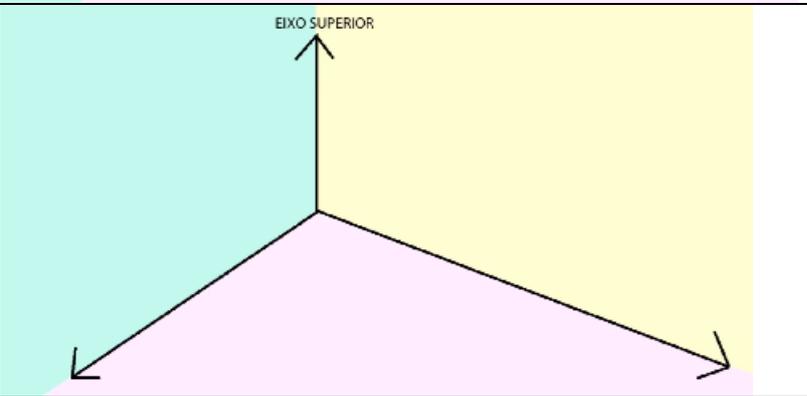
APÊNDICE 02

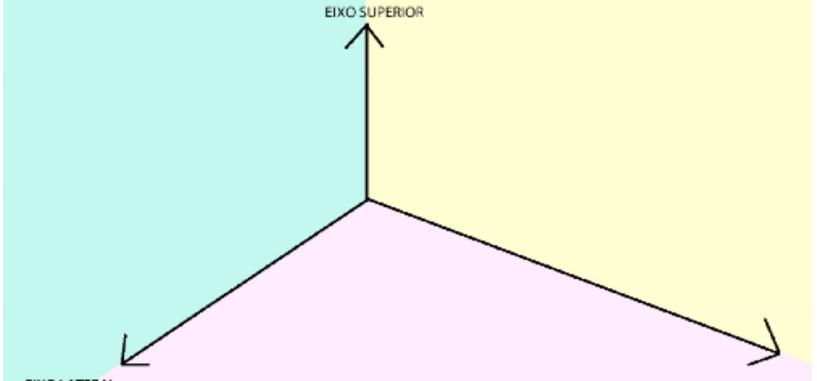
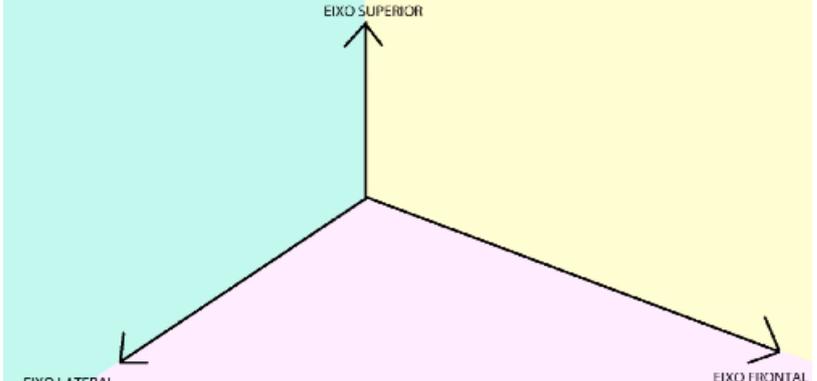
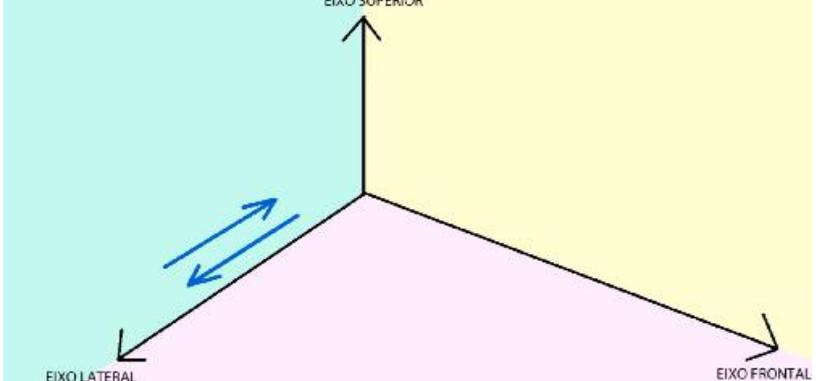
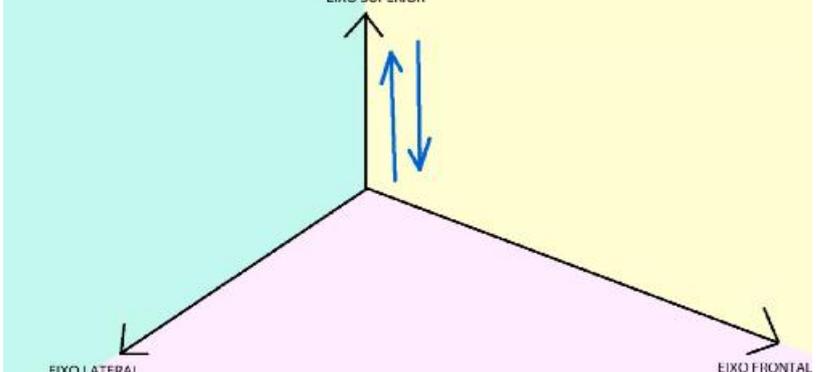
Hexápode/Seis Graus de Liberdade	
PLANEJAMENTO PARA DESENVOLVIMENTO DE UM OBJETO DE APRENDIZAGEM	
Nome:	Seis Graus de Liberdade de um SHI
Tema:	A percepção dos movimentos em seis graus de liberdade
Duração:	5~6 minutos
Justificativa:	Atender a necessidade da falta de compreensão da função do sistema Hexápode em três dimensões, bem como desenvolver a percepção de sua possível utilização.
Problema:	Compreender os seis graus de liberdade de um sistema Hexápode
Objetivo geral:	Desenvolver um objeto de aprendizagem que permita ao médico compreender o que são e como funcionam os seis graus de liberdade de um sistema Hexápode
Objetivos específicos:	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentar um ambiente 3D com planos e eixos - Mostrar os movimentos em seis graus de liberdade em cada eixo do ambiente 3D - Mostrar exemplos de seis graus de liberdade em diferentes movimentos e planos com o Hexápode
Descrição:	<p>No vídeo deverão conter:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Planos de visão em 3D - Eixos de movimentos no plano 3D - Hexápode montado com movimentos - Diferentes movimentos em planos de visão e câmeras diferentes
Metodologia:	<ul style="list-style-type: none"> - Ferramentas a serem utilizadas: Autodesk 3Ds Max, Photoshop, Windows Movie Maker. - Técnica de modelagem utilizada: modelagem de forma livre e modelagem por referência. - Técnica de animação: interpolação de quadro chaves com posicionamento de câmera.
Resultados Esperados:	Compreensão por parte dos médicos mais clara sobre o processo de funcionamento de um Hexápode.
Avaliação:	

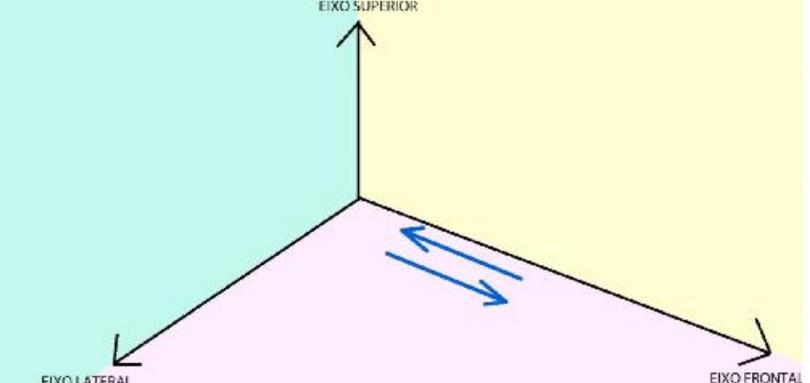
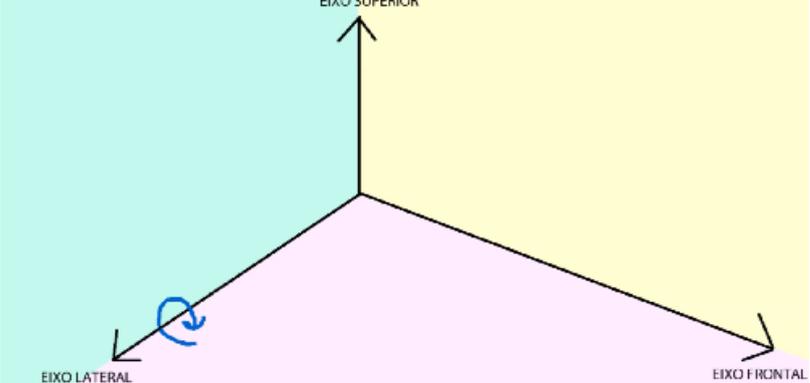
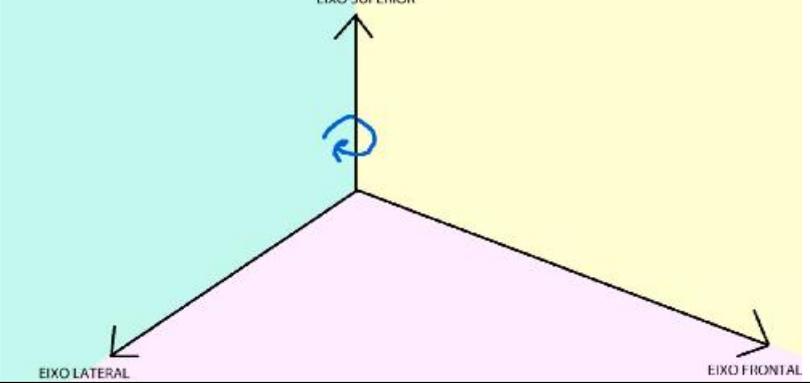
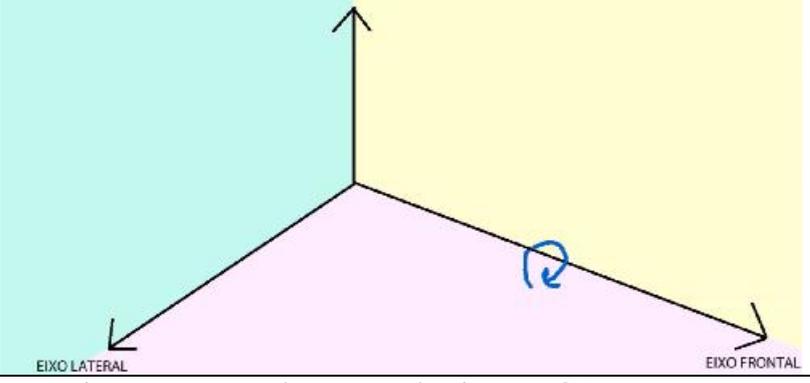
ROTEIRO 02

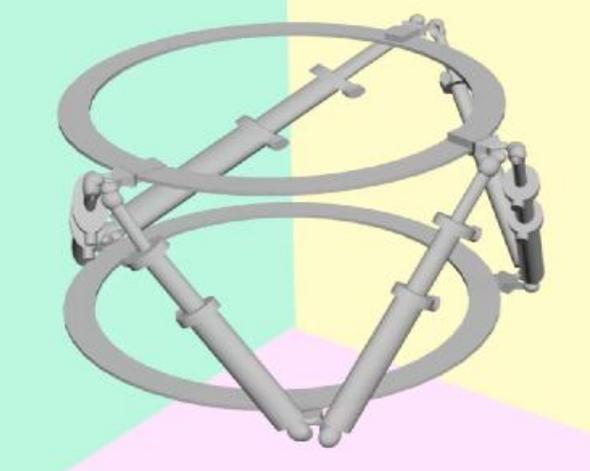
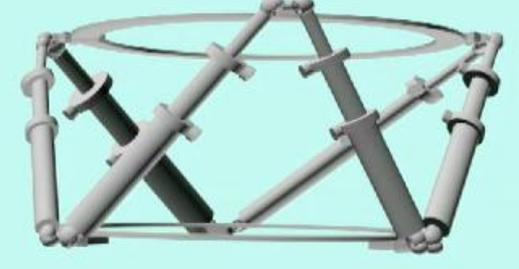
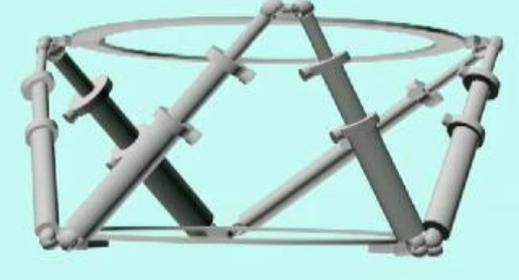
Roteiro – Movimentos com Hexápode	“Hexápode Graus de Liberdade”
Sequência 1.: Textos iniciais são apresentados	
Apresenta um texto	“Apresentaremos em 4 vídeos aspectos relevantes para compreensão de um Sistema Hexápode de Ilizarov”
Apresenta os objetivos do vídeo	

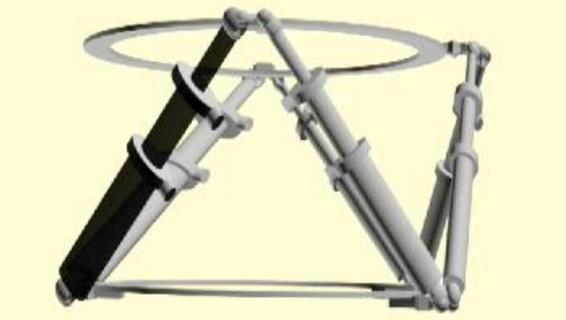
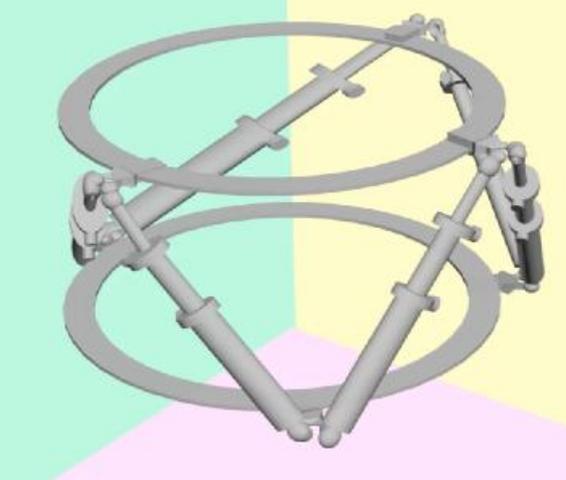
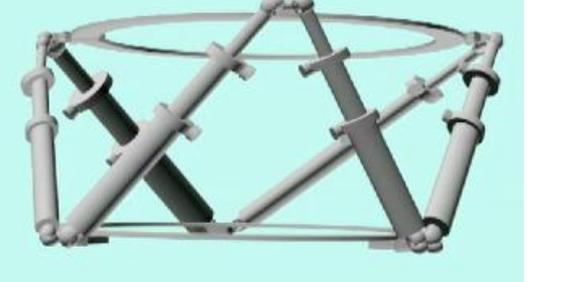
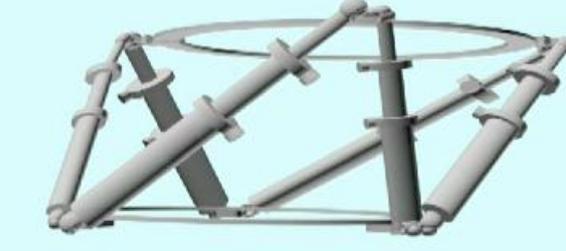
Sequência 2.: Apresentação dos planos e eixos 3D

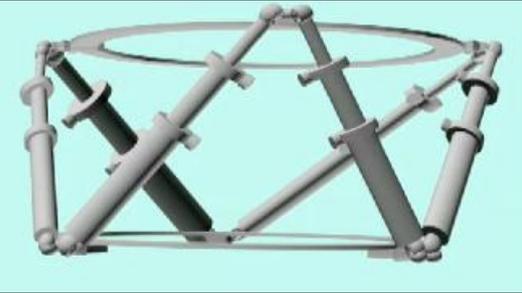
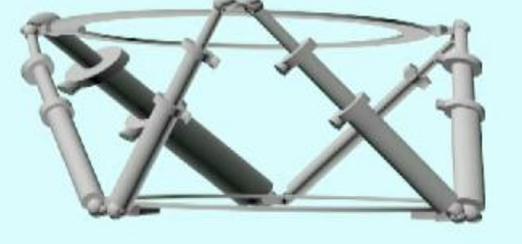
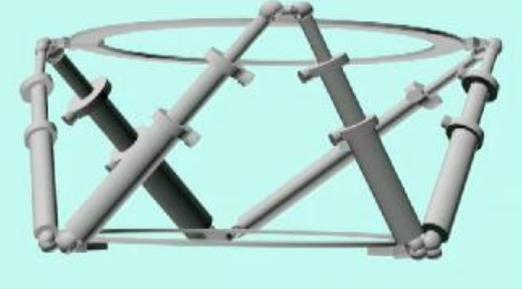
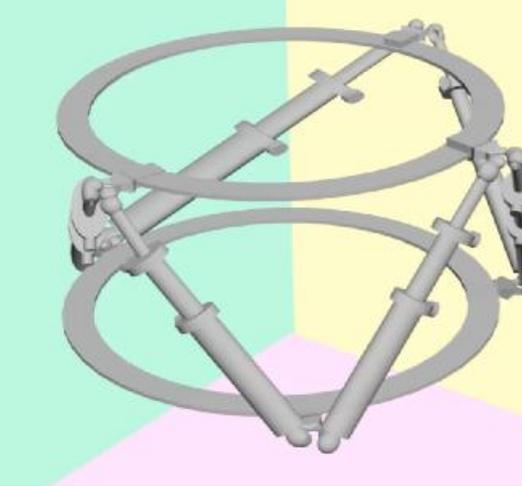
<p>Apresenta um texto</p>	<p>“Em um espaço 3D (três dimensões) existem 3 planos e 3 eixos”...</p>
<p>Apresenta uma imagem</p>	 <p>Diagrama de um espaço 3D com três planos: PLANO LATERAL (azul), PLANO FRONTAL (verde) e PLANO TRANSVERSAL (laranja). As setas indicam a direção dos eixos.</p>
<p>Apresenta uma imagem</p>	 <p>Diagrama de um espaço 3D com três planos: PLANO LATERAL (azul) e PLANO FRONTAL (verde). O plano transversal não é visível.</p>
<p>Apresenta uma imagem</p>	 <p>Diagrama de um espaço 3D com três planos: PLANO LATERAL (azul), PLANO FRONTAL (verde) e PLANO TRANSVERSAL (laranja). As setas indicam a direção dos eixos.</p>
<p>Apresenta uma imagem</p>	 <p>Diagrama de um espaço 3D com três eixos: EIXO SUPERIOR (verde). Os planos não são visíveis.</p>

Apresenta uma imagem	
Apresenta uma imagem	
Sequência 2.: Apresentação dos movimentos com relação a cada eixo	
Apresenta um texto	“Os 6 graus de liberdade possibilitam movimentos em relação aos eixos, sendo: 3 de circulação e 3 lineares”
Apresenta um texto	“Movimento Linear – Em relação ao eixo lateral”
Apresenta uma imagem	
Apresenta um texto	“Movimento Linear – Em relação ao eixo superior”
Apresenta uma imagem	

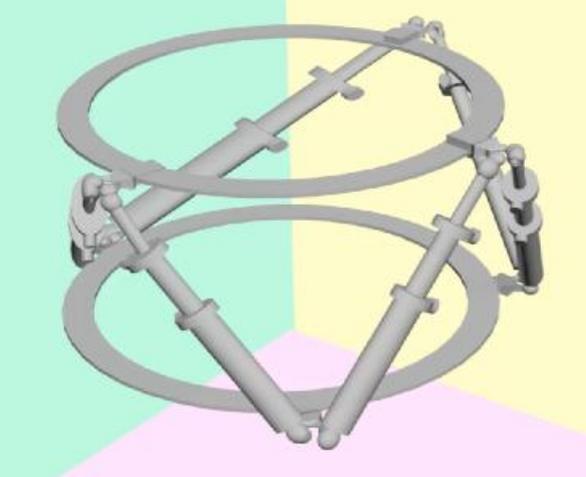
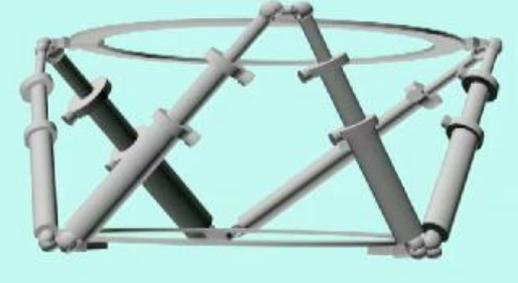
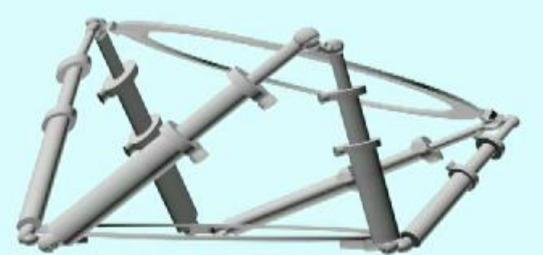
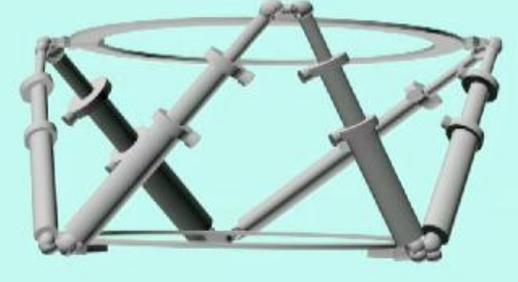
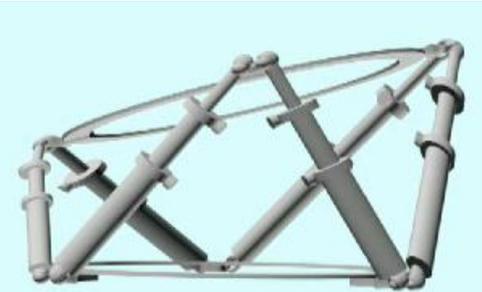
Apresenta um texto	“Movimento Linear – Em relação ao eixo frontal”
Apresenta uma imagem	
Apresenta um texto	“Movimento Circular Sobre o eixo lateral”
Apresenta uma imagem	
Apresenta um texto	“Movimento Circular Sobre o eixo superior”
Apresenta uma imagem	
Apresenta um texto	“Movimento Circular Sobre o eixo frontal”
Apresenta uma imagem	
Sequência 3.: Apresentação dos movimentos com relação a cada eixo em 3D	
Apresenta um texto	“A seguir, alguns movimentos de translação e rotação de um

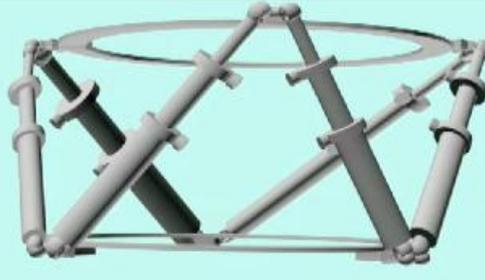
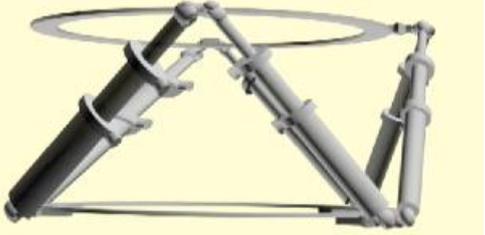
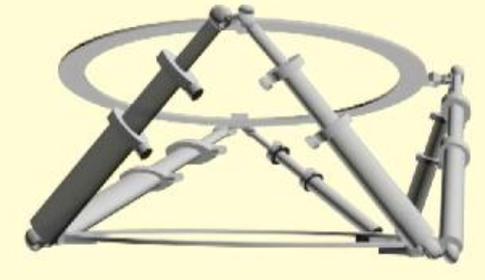
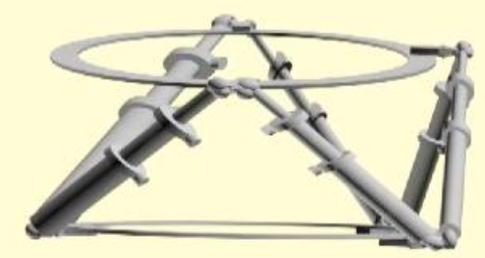
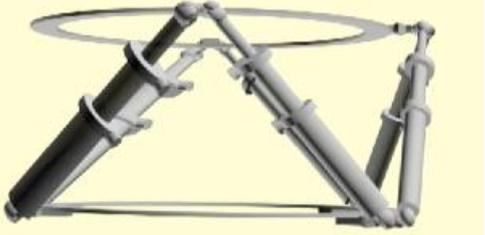
	Hexápode vistos em diferentes planos”
Apresenta um texto	“Movimento Linear – Em relação ao eixo superior”
<p>A câmera inicia posicionada de modo a permitir exibir os três planos</p>	
<p>A câmera se posiciona de maneira que seja possível visualizar o hexápode no plano lateral</p>	
<p>O Hexápode realiza o movimento de translação com relação ao eixo superior</p>	
<p>O hexápode retorna a sua posição original</p>	
<p>A câmera aparece de maneira que seja possível visualizar o hexápode no plano frontal</p>	

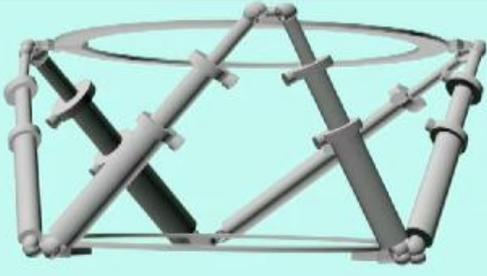
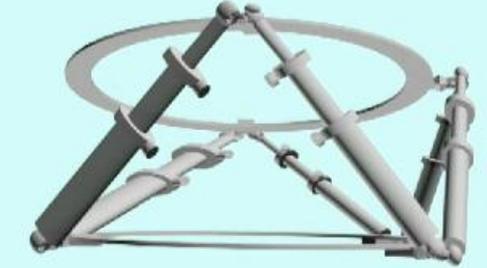
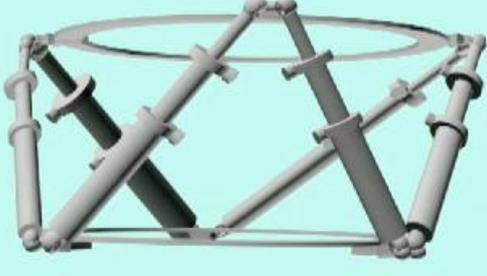
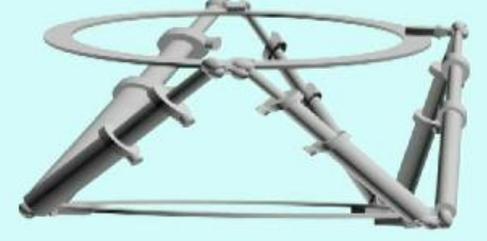
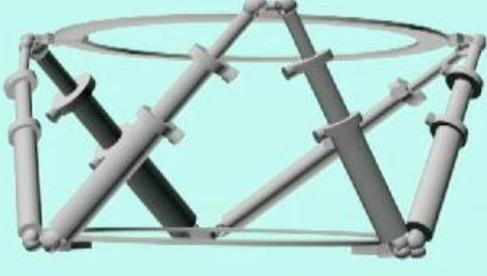
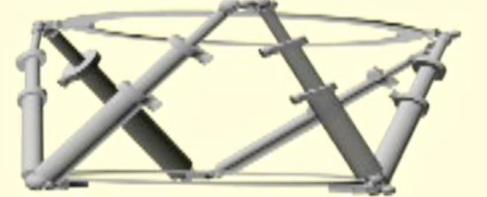
<p>O Hexápode realiza o movimento de translação com relação ao eixo superior</p>	
<p>O hexápode retorna a sua posição original</p>	
<p>Apresenta um texto</p>	<p>“Movimento Linear – Em relação ao eixo lateral”</p>
<p>A câmera inicia posicionada de modo a permitir exibir os três planos</p>	
<p>A câmera se posiciona de maneira que seja possível visualizar o hexápode no plano lateral</p>	
<p>O Hexápode realiza o movimento de translação com relação ao eixo lateral para direita</p>	

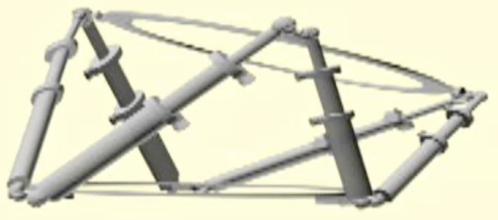
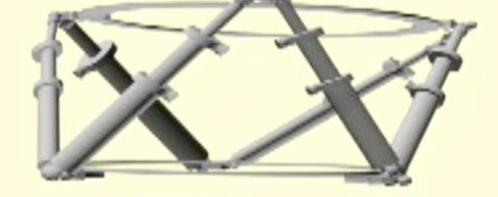
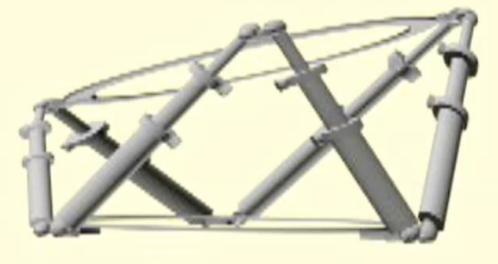
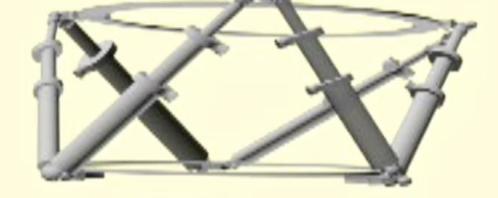
<p>O hexápode retorna a sua posição original</p>		
<p>O Hexápode realiza o movimento de translação com relação ao eixo lateral para esquerda</p>		
<p>O hexápode retorna a sua posição original</p>		
<p>A câmera inicia posicionada de modo a permitir exibir os três planos</p>		
<p>A câmera se posiciona de maneira que seja possível visualizar o hexápode no plano transversal</p>		

<p>O Hexápode realiza o movimento de translação com relação ao eixo lateral para direita</p>		
<p>O hexápode retorna a sua posição original</p>		
<p>O Hexápode realiza o movimento de translação com relação ao eixo lateral para esquerda</p>		
<p>O hexápode retorna a sua posição original</p>		
<p>Apresenta um texto</p>	<p>“Movimento Circular Sobre o eixo frontal”</p>	

<p>A câmera inicia posicionada de modo a permitir exibir os três planos</p>		
<p>A câmera se posiciona de maneira que seja possível visualizar o hexápode no plano lateral</p>		
<p>O Hexápode realiza o movimento de rotação com relação ao eixo frontal para direita</p>		
<p>O hexápode retorna a sua posição original</p>		
<p>O Hexápode realiza o movimento de rotação com relação ao eixo frontal para esquerda</p>		

<p>O hexápode retorna a sua posição original</p>		
<p>A câmera aparece de maneira que seja possível visualizar o hexápode no plano frontal</p>		
<p>O Hexápode realiza o movimento de rotação com relação ao eixo frontal</p>		
<p>O hexápode retorna a sua posição original</p>		
<p>O Hexápode realiza o movimento de rotação com relação ao eixo frontal</p>		
<p>O hexápode retorna a sua posição original</p>		
<p>Apresenta um texto</p>	<p>“Movimento Circular Sobre o eixo lateral”</p>	

<p>A câmera se posiciona de maneira que seja possível visualizar o hexápode no plano lateral</p>		
<p>O Hexápode realiza o movimento de rotação com relação ao eixo lateral</p>		
<p>O hexápode retorna a sua posição original</p>		
<p>O Hexápode realiza o movimento de rotação com relação ao eixo lateral</p>		
<p>O hexápode retorna a sua posição original</p>		
<p>A câmera aparece de maneira que seja possível visualizar o hexápode no plano frontal</p>		

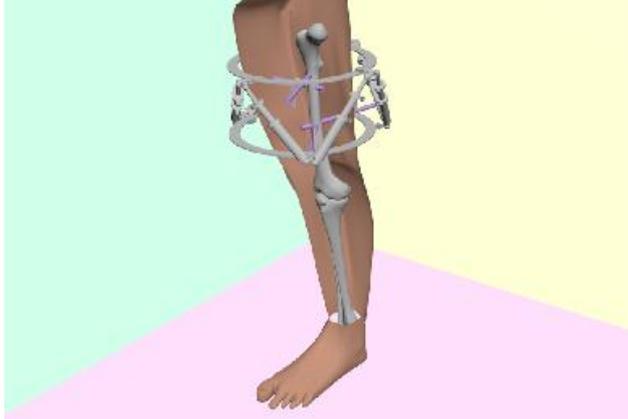
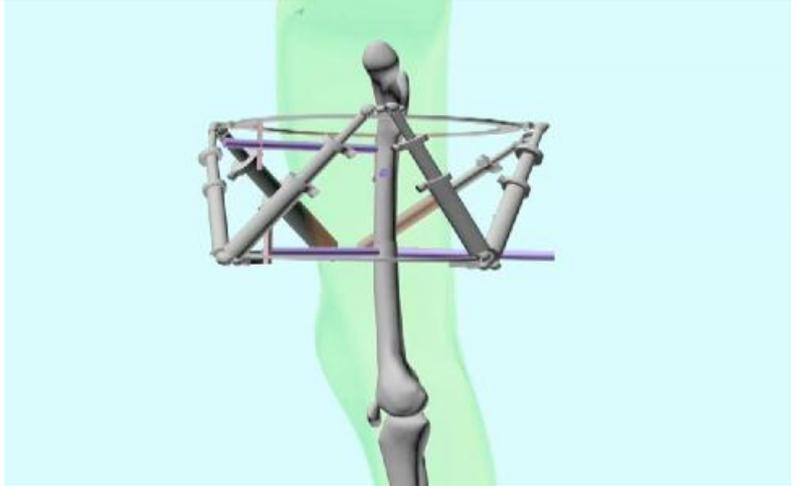
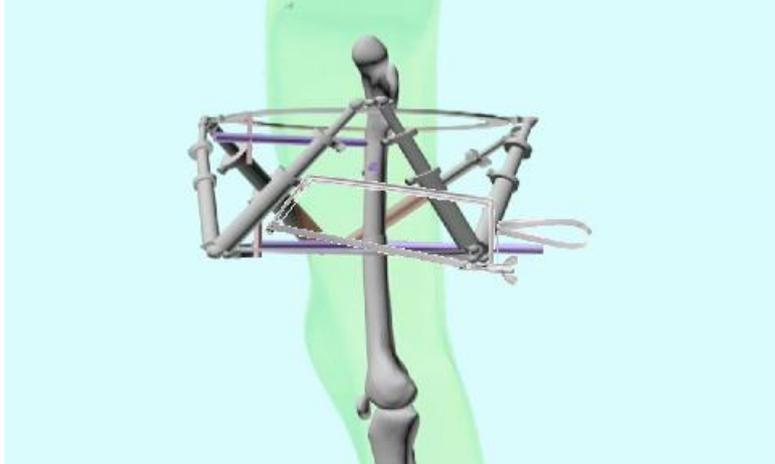
<p>O Hexápode realiza o movimento de rotação com relação ao eixo lateral</p>		
<p>O hexápode retorna a sua posição original</p>		
<p>O Hexápode realiza o movimento de rotação com relação ao eixo lateral</p>		
<p>O hexápode retorna a sua posição original</p>		
<p>Apresenta texto com link para outros vídeos</p>		

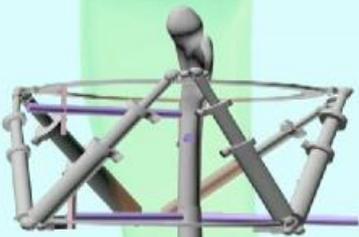
APÊNDICE 03

Hexápode/Alongamento de membros com SHI	
PLANEJAMENTO PARA DESENVOLVIMENTO DE UM OBJETO DE APRENDIZAGEM	
Nome:	Alongamento de membros com SHI
Tema:	A percepção do alongamento de membros com o SHI
Duração:	1~2 minutos
Justificativa:	Mostrar que é possível realizar o mesmo movimento que o antigo fixador externo de Ilizarov realizava, com o Sistema Hexápode de Ilizarov que é o alongamento de membros.
Problema:	Compreender que o SHI preserva a funcionalidade do antigo método de Ilizarov
Objetivo geral:	Desenvolver um objeto de aprendizagem que permita ao médico compreender que com o novo Sistema Hexápode de Ilizarov é possível realizar a mesma funcionalidade que o antigo fixador externo de Ilizarov.
Objetivos específicos:	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentar um texto inicial sobre a preservação do movimento do fixador externo de Ilizarov no SHI. - Mostrar o procedimento médico utilizado - Mostrar o movimento do osso deslocando com o SHI cirurgicamente implantado
Descrição:	No vídeo deverão conter: <ul style="list-style-type: none"> - Planos de visão em 3D - Hexápode montado com movimentos em uma perna transparente com o osso - A o osso alongando de acordo com os ajustes do Hexápode
Metodologia:	<ul style="list-style-type: none"> - Ferramentas a serem utilizadas: Autodesk 3Ds Max, Photoshop, Windows Movie Maker. - Técnica de modelagem utilizada: modelagem de forma livre e modelagem por referência. - Técnica de animação: interpolação de quadro chaves com posicionamento de câmera.
Resultados Esperados:	Compreensão por parte dos médicos mais clara sobre o processo de funcionamento de um Hexápode implantado no osso.
Avaliação:	

ROTEIRO 03

Roteiro – Movimentos de alongamento de membros com o Hexápode	
Sequência 1.: Textos iniciais são apresentados	
Apresenta um texto	“Apresentaremos em 4 vídeos aspectos relevantes para compreensão de um Sistema Hexápode de Ilizarov”

Apresenta os objetivos do vídeo	
Sequência 2.: Apresentação do processo para alongamento de membros	
Apresenta um texto	“O fixador de Ilizarov foi desenvolvido inicialmente para o alongamento de membros”
Apresenta um texto	“Com um procedimento cirúrgico o médico insere os conectores no osso e os prende no anel superior e inferior. Em seguida secciona o osso no local definido.”
A câmera inicia posicionada de modo a permitir exibir os três planos	
A câmera se posiciona de maneira que seja possível visualizar a perna no plano lateral	
Uma imagem de uma serra ultrapassa o osso simulando uma serragem	
Apresenta um texto	“Em seguida são realizados ajustes nos distratores, até que seja atingida a posição desejada.”

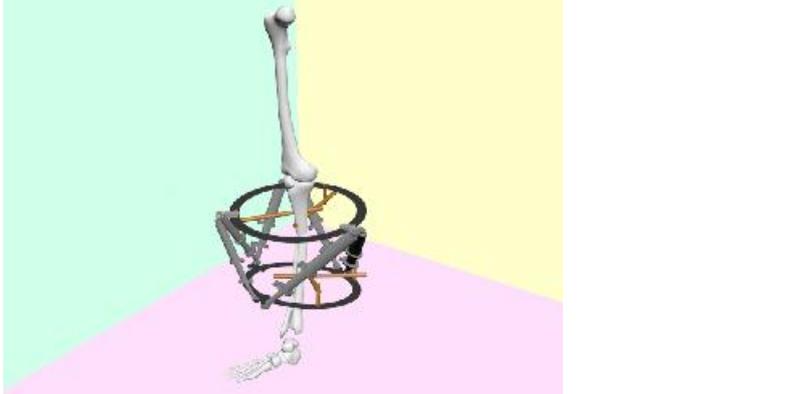
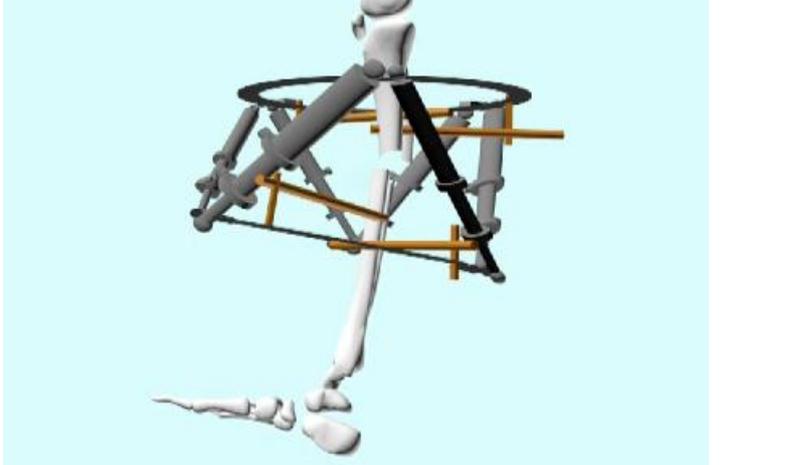
<p>A câmera apresenta a perna vista do plano lateral</p>	
<p>O hexápode realiza um movimento de alongamento em relação ao eixo superior</p>	
<p>Apresenta Texto</p>	<p>“Na prática médica, os movimentos do SHI são realizados de modo lento, a partir de ajustes realizados em conformidade com o planejamento feito pelo médico”</p>

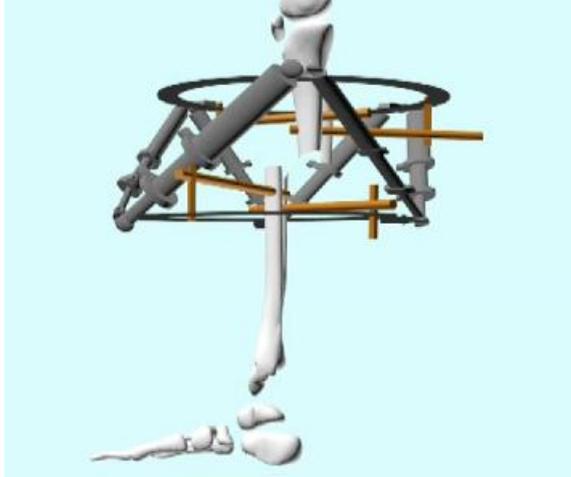
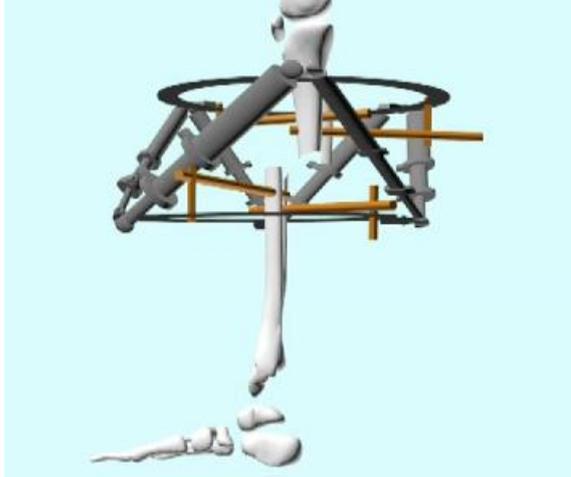
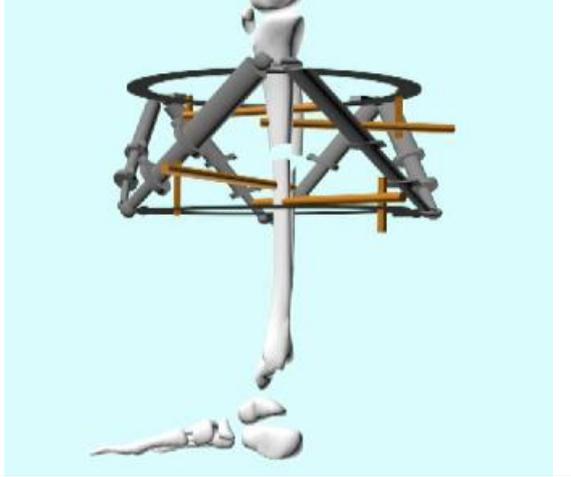
APÊNDICE 04

Hexápode/Correção de deformidade óssea	
PLANEJAMENTO PARA DESENVOLVIMENTO DE UM OBJETO DE APRENDIZAGEM	
Nome:	Correção de deformidade óssea
Tema:	A percepção de uma situação onde há malformação óssea
Duração:	1~2 minutos
Justificativa:	Mostrar que é possível corrigir deformidades ósseas, com o Sistema Hexápode de Ilizarov.
Problema:	Compreender que o SHI consegue realizar movimentos em um espaço 3D e que esses movimentos podem, por exemplo, corrigir deformidades ósseas.
Objetivo geral:	Desenvolver um objeto de aprendizagem que permita ao médico compreender que com o Sistema Hexápode de Ilizarov é possível corrigir deformidades ósseas.
Objetivos específicos:	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentar um texto inicial sobre do movimento do fixador externo de Ilizarov no SHI. - Mostrar o hexápode corrigindo uma perna com deformidade - Mostrar a cicatrização do processo com a calcificação
Descrição:	No vídeo deverão conter: <ul style="list-style-type: none"> - Planos de visão em 3D - Hexápode montado com movimentos em uma perna transparente com o osso - A o osso alongando de acordo com os ajustes do Hexápode
Metodologia:	<ul style="list-style-type: none"> - Ferramentas a serem utilizadas: Autodesk 3Ds Max, Photoshop, Windows Movie Maker. - Técnica de modelagem utilizada: modelagem de forma livre e modelagem por referência. - Técnica de animação: interpolação de quadro chaves com posicionamento de câmera.
Resultados Esperados:	Compreensão por parte dos médicos mais clara sobre o processo de funcionamento de um Hexápode implantado no osso com deformidade.
Avaliação:	

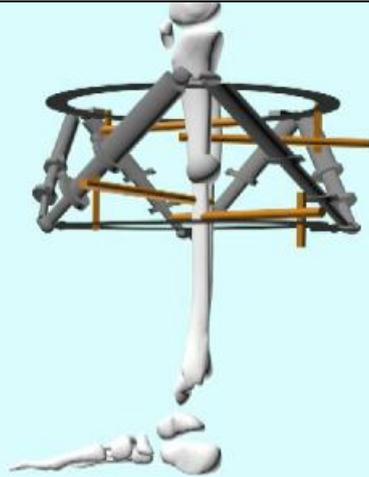
ROTEIRO 04

Roteiro – Movimentos de correção com o Hexápode	
Seqüência 1.: Apresentação do processo para correção da deformidade	
Apresenta um texto	“As correções de deformidades utilizando o Hexápode, possibilitam diversas soluções para problemas com má formação óssea”
Apresenta um texto	“Vejam os problemas de má formação óssea na perna

<p>Apresenta uma imagem com os textos destacados para cada tipo de perna: “Perna sem deformidade ->”, “Perna com deformidade ->”</p>	
<p>Apresenta um texto</p>	<p>“O osso é seccionado onde há a deformidade e o Hexápode atinge a posição desejada ao decorrer dos meses com os ajustes realizados pelo paciente acompanhado do médico”</p>
<p>A câmera inicia posicionada de modo a permitir exibir os três planos</p>	
<p>A câmera se posiciona de maneira que seja possível visualizar o osso da perna no plano lateral</p>	

<p>O Hexápode se ajusta corrigindo a perna com uma rotação</p>		
<p>Apresenta um texto</p>	<p>“Ao atingir a posição desejada, o médico deixa o aparelho fixado no paciente para cicatrização do processo com a calcificação.”</p>	
<p>A câmera se apresenta na posição após a correção por rotação</p>		
<p>O Hexápode ajusta o osso com um movimento de translação</p>		

O hexápode fica parado enquanto o calo ósseo é formado para calcificar o osso



APÊNDICE 05

Formulário aplicado com os médicos ortopedistas.

Processo de Avaliação

Processo de pré-avaliação: Deformidades ósseas e correção

(ATENÇÃO: Responder ANTES de visualizar os objetos de aprendizagem)

Nome: _____

Graduado em: _____

Área de atuação / Especializado em: _____

Nas questões abaixo você deverá mensurar, no segmento de reta, o seu grau de compreensão em relação ao tema em questão.

Como Proceder

Abaixo se encontra um segmento de reta que varia de "Nenhuma compreensão" a "Profunda compreensão".

- Faça um traço com caneta no local do segmento de reta que represente o seu grau de compreensão sobre o tema em questão (conforme exemplo abaixo).



Nenhuma compreensão Profunda Compreensão

1

Formulário aplicado com os médicos ortopedistas.

Processo de Avaliação

Processo de pós-avaliação: Deformidades ósseas e correção

Nome: _____

Após a visualização dos objetos de aprendizagem, solicitamos que responda as questões abaixo.

Perguntas

Perguntas

1. E agora, qual o seu grau de compreensão sobre os sistemas hexápodes?

Nenhuma compreensão Profunda compreensão

2. Qual o seu grau de compreensão sobre o movimento com seis graus de liberdade?

Nenhuma compreensão Profunda compreensão

3. Qual o seu grau de compreensão sobre a correção de deformidades ósseas utilizando um SHI?

Nenhuma compreensão Profunda compreensão

Agradecemos sua participação!

Perguntas

1. Em poucas palavras descreva o que você sabe sobre seis graus de liberdade e sobre um Sistema Hexápode de Ilizarov (SHI)?

2. Qual o seu grau de compreensão sobre os sistemas hexápodes?

Nenhuma compreensão Profunda compreensão

3. Qual o seu grau de compreensão sobre o movimento com seis graus de liberdade?

Nenhuma compreensão Profunda compreensão

4. Qual o seu grau de compreensão sobre a correção de deformidades ósseas utilizando um SHI?

Nenhuma compreensão Profunda compreensão

APÊNDICE 06

Formulário aplicado com os médicos ortopedistas especialistas em fixadores externos.

Processo de Avaliação

Processo de avaliação: Objetos de aprendizagem

Nome: _____

Graduado em: _____

Como Proceder

Abaixo se encontra um segmento de reta que varia de "Nenhuma compreensão" a "Profunda compreensão".

- Faça um traço com caneta no local do segmento de reta que represente o seu grau de compreensão sobre o tema em questão (conforme exemplo abaixo).



Nenhuma compreensão Profunda Compreensão

Perguntas

Objetivo do projeto: Desenvolver objetos de aprendizagem que apresentem conceitos e facilitem a compreensão do funcionamento no processo de correção de uma deformidade óssea utilizando o Sistema Hexápode de Ilizarov, demonstrando os seus movimentos em diferentes graus de liberdades dentro de um ambiente em 3D (três dimensões).

1. Levando em consideração o objetivo do projeto, como você classifica os objetos de aprendizagem?

Nenhuma compreensão Profunda compreensão

2. Críticas e/ou Sugestões:

Agradecemos sua colaboração!

1

APÊNDICE 07

Referências da pesquisa sistemática da literatura.

[1] COCHRANE, Thomas. - Developing interactive multimedia Learning Objects using QuickTime Computers in Human Behavior, Vol.23(6), pp.2596-2640. ISSN: 0747-5632 DOI: 10.1016/j.chb.2006.08.007, SciVerse ScienceDirect Journals. 2007.

[2] NANGIA, Shonu. - MERLOT in the classroom: enhancing foreign language instruction through online learning objects. Michigan Academician, Spring, Vol.40(1), p.105(1), ISSN: 0026-2005, Cengage Learning, Inc. 2010.

[3] BAKI, Adnan. and ÇAKIROGLY, Ünal. - Learning objects in high school mathematics classrooms: Implementation and evaluation. Computers & Education, Vol.55(4), pp.1459-1469. ISSN: 0360-1315 ; DOI: 10.1016/j.compedu.2010.06.009. SciVerse ScienceDirect Journals, 2010.

[4] BARAK, Miri. and ZIV, Shani. - Wandering: A Web-based platform for the creation of location-based interactive learning objects. Computers & Education, Vol.62, pp.159-170. ISSN: 0360-1315 ; DOI: 10.1016/j.compedu.2012.10.015. SciVerse ScienceDirect Journals, 2013.

[5] COCHRANE, Thomas. - Interactive QuickTime: developing and evaluating multimedia learning objects to enhance both face-to-face and distance e-learning environments. Interdisciplinary Journal of Knowledge, and Learning Objects, Annual, Vol.1, p.33(22). Cengage Learning, Inc.2005.

[6] HAUGHEY, Margaret. and MUIRHEAD, Bill. - The Pedagogical and Multimedia Designs of Learning Objects for Schools. Australasian Journal of Educational Technology, Vol.21(4), p.470-490. ISSN: 1449-5554. ERIC (U.S. Dept. of Education), 2005.

[7] NAJJAR, Jehad. and DUVAL, Erik. - Actual Use of Learning Objects and Metadata An Empirical Analysis. Computer Science Department, K.U.Leuven, B-3001 Leuven, Belgium, IEEE, 2003.

[8] YEN, Neil Y. and SHIH, Timothy K. and CHAO, Louis R. and JIN, Qun. - Ranking Metrics and Search Guidance for Learning Object Repository, vol. 3 no. 3. pp. 250-264. DOI Bookmark: <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/TLT.2010.15>, IEEE, July-September 2010.

[9] SILVA, Júlia Marques C. da. and VICARI, Rosa Maria. - Evaluating a Brazilian Metadata to Learning Objects to Web, Mobile and Digital Television Platforms. Federal University of Rio Grande do Sul - Postal Code 15064, Porto Alegre/RS, 91501-970, Brazil, IEEE. 2010.

[10] SANTIAGO, Rafael de. and RAABE, André L. A. – Architecture for Learning Objects Sharing among Learning Institutions—LOP2P . vol. 3 no. 2, pp. 91-95 - UNIVALI—Universidade do Vale Do Itaja '1. DOI Bookmark: <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/TLT.2010.9>. April-June 2010.

[11] CECHINEL, Cristian. and SÁNCHEZ-ALONSO, Salvador. And GARCÍA-BARRICONAL, Elena. - Statistical profiles of highly-rated learning objectsutor. *Computers & Education*, Vol.57(1), pp.1255-1269. ISSN: 0360-1315 ; DOI: 0.1016/j.compedu.2011.01.012. SciVerse ScienceDirect Journals. 2011.

[12] OLIMPO, G. and BOTTINO, R. M. and EARP, J. and OTT, M. and POZZI, F. and TAVELLA, M. - Pedagogical plans as communication oriented objects. *Computers & Education*, Vol.55(2), pp.476-488. ISSN: 0360-1315 ; DOI: 0.1016/j.compedu.2010.02.011. SciVerse ScienceDirect Journals. 2010.

[13] PIZLO, Zygmunt. and SAWADA, Tadamas. and LI, Yunfeng. and KROPATSCH, Walter G. and STEINMAN, Robert M. – New approach to the perception of 3D shape based on veridicality, complexity, symmetry and volume. ISSN: 0042-6989 ; DOI: 10.1016/j.visres.2009.09.024. SciVerse ScienceDirect Journals. 2009.

[14] WINDLE, Richard J. and WHARRAD, Heather. and MCCORMICK, Damion. and LAVERTY, Helen. and TAYLOR, Michael. - Sharing and Reuse in OER: Experiences Gained from Open Reusable Learning Objects in Health. *Journal of Interactive Media in Education*, ISSN: 1365-893X. ERIC (U.S. Dept. of Education). 2010.

[15] WINDLE, Richard J. and MCCORMICK, Damion. and DANDREA, Jennifer. and WHARRAD, Heather. - The Characteristics of Reusable Learning Objects That Enhance Learning: A Case-Study in Health-Science Education. *British Journal of Educational Technology*, Vol.42(5), p.811-823. ISSN: 0007-1013 ; DOI: 10.1111/j.1467 10.01108.x. ERIC (U.S. Dept. of Education). 2011.

[16] BATTISTELLA, Paulo Eduardo. and WANGENHEIM, Aldo. and WANGENHEIM, Christiane Gresse. - Evaluation of Free Authoring Tools for Producing SCORM-Conform Learning Objects. Vol5. No 4. ITEE/IEEE. 2010.

[17] KYBARTAITE, A. and NOUSIAINEN, J. and MALMIVUO, J. Learning Objects for the Virtual Campus of Biomedical Engineering, *IEEE Multidisciplinary Engineering Education Magazine (MEEM)*, - submitted, 2010.

[18] YAO, Jiantao. and HOU, Yulei. and WANG, Hand. and ZHOU, Tiegling. and ZHAO, Yongsheng. - Spatially isotropic configuration of Stewart platform-based force sensor. *Mechanism and Machine Theory*, Vol.46(2), pp.142-155. ISSN: 0094-114X ; DOI: 10.1016/j.mechmachtheory.2010.10.002. SciVerse ScienceDirect Journal. 2011.

[19] PEDRAMMEHR, Siamak. and MAHBOUBKHAH, Mehran. and KHANI, Navid. - Improved dynamic equations for the generally configured Stewart platform manipulator. *Journal of Mechanical Science and Technology*, Vol.26(3), pp.711-721. ISSN: 1738-494X ; E-ISSN: 1976-3824 ; DOI: 10.1007/s12206-011-1231-0. Springer Science & Business Media B.V. 2012.

[20] JIA, Zhen-Yuan. and LIN, Sheng. and LIU, Wei. - Measurement method of six-axis load sharing based on the Stewart platform. *Measurement*, Vol.43(3), pp.329-335. ISSN: 0263-2241 ; DOI: 10.1016/j.measurement.2009.11.005. SciVerse ScienceDirect Journals. 2010.

- [21] TORRI, Akihiro. and BANNO, Masaaki. and UEDA, Akiteru. and DOKI, Kae. - A small-size self-propelled Stewart platform. *Electrical Engineering in Japan*, Vol.181, pp.37-46. Identificador: ISSN: 0424-7760; E-ISSN: 1520-6416 ; DOI: 10.1002/eej.21261. John Wiley & Sons, Inc. 2012.
- [22] NEGASH, D.S. and MITRA, R. Integral sliding mode controller for trajectory tracking control of Stewart platform manipulator *Industrial and Information Systems (ICIIS), International Conference on Topic(s): Communication, Networking & Broadcasting; Digital Object Identifier: 10.1109/ICIINFS.2010.5578628, Page(s): 650. IEEE CONFERENCE PUBLICATIONS. 2010.*
- [23] STOUGHTON, r. s. and ARAI, t. - a modified stewart platform manipulator with improved dexterity. *robotics and automation, IEEE transactions.* DOI: 10.1109/70.238280, page(s): 166. *IEEE JOURNALS & MAGAZINES.* 1993.
- [24] WASILEWSKI, jacqueline howell. KAWAKAMI, holly siebert. - edward c. stewart: Cultural dynamics pioneer. *international journal of intercultural relations* ISSN: 0147-1767 ; DOI: 10.1016/j.ijintrel.2012.08.012. *SciVerse ScienceDirect journals.* 2012.
- [25] KLUMPER, k. and MORBI, a. and CHISHOLM, k. j. BERANEK, r. AHMADI, m. LANGLOIS, r. - orientation control of atlas: A novel motion simulation platform. *mechatronics, vol.22(8), pp.1112-1123. ISSN: 0957-4158; DOI: 10.1016/j.mechatronics.2012.09.008. SciVerse ScienceDirect journals.* 2012.
- [26] LIN, j. CHEN, c. - computer-aided-symbolic dynamic modeling for stewart-platform manipulator. *robotica, vol.27(3), pp.331-341. ISSN: 0263-5747 ; E-ISSN: 1469-8668 ; DOI: 10.1017/S0263574708004736. Cambridge university press.* 2009.
- [27] FRAGUELA, l. and FRIDMAN, l. and ALEXANDROV, V.V. - output integral sliding mode control to stabilize position of a Stewart platform. *journal of the franklin institute, vol.349(4), pp.1526-1542. ISSN: 0016-0032; DOI: 10.1016/j.jfranklin.2011.04.002. SciVerse ScienceDirect journals.* 2012.
- [28] MENG, qiang. and ZHANG, tao. and HE, jingfeng. and SONG, jigyan. and CHEN, xuedong. - improved model-based control of a six-degree-of-freedom stewart platform driven by permanent magnet synchronous motors. *industrial robot: An international journal, vol.39(1), p.47-56. emerald group publishing limited. ISSN: 0143-991X; DOI: 10.1108/01439911211192493. emerald management eJournals.* 2012.
- [29] OMURLU, V.E. and BUYUKSAHIN, u. and YILDIZ, i. and UNSAL, a. and SAGIRLI, a. and ENGIN, S.N. KUCUKDEMIRAL, I.B. – a stewart platform as a FBW flight control unit for space vehicles. *recent advances in space technologies. RAST '09.* DOI: 10.1109/RAST.2009.5158285, page(s): 716. *IEEE CONFERENCE PUBLICATIONS.* 2009.
- [30] AY, s. and VATANDAS, O.E. and HACIOGLU, a. - the effect of radius of joint location on workspace analysis of the 6-6 Stewart platform mechanism. *recent advances in space technologies. RAST '09.* DOI: 10.1109/RAST.2009.5158287, page(s): 728. *IEEE CONFERENCE PUBLICATIONS.* 2009.
- [31] CHUNG, I-Fang. and CHANG, Hung-Hsiang. and LIN, Chin-Teng. - fuzzy control of a

six-degree motion platform with stability analysis. systems, man, and cybernetics. IEEE SMC '99 conference proceedings. DOI: 10.1109/ICSMC.1999.814111, page(s): 325, 1999.

[32] SALTAREN, roque j. and PUGLISI, lisandro j. and CENA, cecilia garcia. REGUEIRO, ivan pena. and ARACIL, rafael. - design of a hydraulic 6UPS mechanism for experimental research. universidad tecnológica de panamá, panamá and niversidade politecnica de madrid, madrid, spain. CONPACAN XXXI, nov. 2011.

[33] CHEN, Chun-Ta. and LIAO, Te-Tan. - a hybrid strategy for the time- and energy-efficient trajectory planning of parallel platform manipulators robotics and computer integrated manufacturing, vol.27(1), pp.72-81. ISSN: 0736-5845; DOI: 10.1016/j.rcim.2010.06.012. SciVerse ScienceDirect journals. 2011.

[34] DASGUPTA, bhaskar. and MRUTHYUNJAYA, T.S. - singularity-free path planning for the stewart platform manipulator. mechanism and machine theory, vol.33(6), pp.711-725. ISSN: 0094-114X ; DOI: 10.1016/S0094-114X(97)00095-5. SciVerse ScienceDirect journals. 1998.

[35] DAVLIAKOS, ioannis. PAPADOPOULOS, evangelos. - model-based control of a 6-dof electrohydraulic Stewart–Gough platform. mechanism and machine theory, vol.43(11), pp.1385-1400; ISSN: 0094-114X; DOI: 10.1016/j.mechmachtheory.2007.12.002. SciVerse ScienceDirect journals. 2007.

[36] GENG, zheng. and HAYNES, leonard s. and LEE, james d. and CARROLL, robert l. - on the dynamic model and kinematic analysis of a class of Stewart platforms. robotics and autonomous systems, vol.9(4), pp.237-254. ISSN: 0921-8890; DOI: 10.1016/0921-8890(92)90041-V.SciVerse ScienceDirect journals. 1992.

[37] CHOI, MinHee. and KIM, wheekuk. and YI, Byung-Ju. - trajectory planning in 6-degrees-of-freedom operational space for the 3-degrees-of-freedom mechanism configured by constraining the Stewart platform structure. control, automation and systems. ICCAS '07. DOI: 10.1109/ICCAS.2007.4406521. page(s): 1222. 2007.

[38] AY, s. and VATANDAS, O.E. and HACIOGLU, a. - the effect of radius of joint location on workspace analysis of the 6-6 Stewart platform mechanism. recent advances in space technologies. RAST '09. DOI: 10.1109/RAST.2009.5158287, page(s): 728. IEEE CONFERENCE PUBLICATIONS. 2009.

[39] HERDON, a. a. and CRAMER, m. and SPRONG, k. - analysis of advanced flight management systems (FMS), flight management computer (FMC) field observations trials, Radius-to-Fix path terminators. digital avionics systems conference. DASC 2008. IEEE/AIAA 27th. DOI: 10.1109/DASC.2008.4702775 page(s): 2.A.5-1. 2008.

[40] WUKICH, dane k. and BELCZYK, ronald j. - an introduction to the taylor spatial frame for foot and ankle applications. operative techniques in orthopaedics, 2006, vol.16(1), pp.2-9. ISSN: 1048-6666; DOI: 10.1053/j.oto.2006.02.001. SciVerse ScienceDirect journals. 2006.

[41] MOLLOY, andrew peter. and ROCHE, andy. and NARAYAN, badri. - treatment of nonunion and malunion of trauma of the foot and ankle using external fixation. foot and ankle clinics of north america, vol.14(3), pp.563-587. ISSN: 1083-7515 ; DOI:

10.1016/j.fcl.2009.03.007. SciVerse ScienceDirect journals. 2009.

[42] BRANDT, g. and RAU, g. and RADERMACHER, k. and LAVALLEE, s. and ERBSE, s. and STAUDTE, H.-W. - engineering in medicine and biology society. bridging disciplines for biomedicine. proceedings of the 18th annual international conference of the IEEE. DOI: 10.1109/IEMBS.1996.656932. page(s): 236. IEEE CONFERENCE PUBLICATIONS. 1996.

[43] YE, ruihua. and CHEN, yonghua. - development of a six degree of freedom (DOF) hybrid robot for femur shaft fracture reduction. robotics and biomimetics. ROBIO. DOI: 10.1109/ROBIO.2009.4913021, page(s): 306. IEEE CONFERENCE PUBLICATIONS. 2009.

[44] HAINEY, thomas. and CONNOLLY, thomas m. and STANSFIELD, mark. and BOYLE, elizabeth a. - evaluation of a game to teach requirements collection and analysis in software engineering at tertiary education level. computers & education, vol.56(1), pp.21-35. ISSN: 0360-1315 ; DOI: 10.1016/j.compedu.2010.09.008. SciVerse ScienceDirect journals, 2011.

[45] HANNAN, mohammad. - analysis of the collaborative activities in software development processes from the perspective of chronotopes. computers in human behavior, vol.27(1), pp.248-267. ISSN: 0747-5632; DOI: 10.1016/j.chb.2010.08.003. SciVerse ScienceDirect journals. 2011.

[46] SCHNEIDER, kurt. and KNAUSS, eric. and HOUMB, siv. and ISLAM, shareeful. and JÜJENS, jan. - enhancing security requirements engineering by organizational learning. requirements engineering, vol.17(1), pp.35-56. ISSN: 0947-3602 ; E-ISSN: 1432-010X; DOI: 10.1007/s00766-011-0141-0. springer science & business media B.V. 2012.

[47] RAMACHANDRAN, muthu. - guidelines based software engineering for developing software components. journal of software engineering and applications (JSEA), vol.5(1), p.1(6). ISSN: 1945-3116. cengage learning, inc. jan, 2012.

[48] PORTILLO-RODÍGUEZ, javier. and VIZCAÍNO, aurora. and PIATTINI, mario. and BEECHAM, sarah. - tools used in global software engineering: A systematic mapping review. information and software technology, vol.54(7), pp.663-685. ISSN: 0950-5849 ; DOI: 10.1016/j.infsof.2012.02.006. SciVerse ScienceDirect journals. 2012.

[49] GHAI, sunaina. and KAUR, jagpuneet. - analysis of user requirements gathering practices in agile and Non-Agile software development team. international journal of computer applications, vol.58(8), p.13. ISSN: 09758887. directory of open access journals (DOAJ). 2012.

[50] RICHARDSON, ita. and CASEY, valentine. and MCCAFFERY, fergal. and BURTON, john. and BEECHAM, sarah. - a process framework for global software engineering teams. information and software technology, vol.54(11), pp.1175-1191. ISSN: 0950-5849; DOI: 10.1016/j.infsof.2012.05.002. SciVerse ScienceDirect journals. 2012.

[51] TAHIR, a. and AHMAD, r. - requirement engineering practices - an empirical study. computational intelligence and software engineering (CiSE). DOI: 10.1109/CISE.2010.5676827. page(s): 1. IEEE CONFERENCE PUBLICATIONS. 2010.

[52] HANNAN, mohammad. - analysis of the collaborative activities in software development processes from the perspective of chronotopes. computers in human behavior, vol.27(1), pp.248-267. ISSN: 0747-5632 ; DOI: 10.1016/j.chb.2010.08.003. SciVerse ScienceDirect journals. 2011.

[53] STEPHANOPOULOS, george. and REKLAITIS, gintaras v. - process systems engineering: From solvay to modern bio- and nanotechnology: A history of development, successes and prospects for the future. chemical engineering science, vol.66(19), pp.4272-4306. ISSN: 0009-2509 ; DOI: 10.1016/j.ces.2011.05.049. SciVerse ScienceDirect journals. 2011.

[54] RICHARDSON, ita. and CASEY, valentine. and MCCAFFERY, fergal. and BURTON, john. and BEECHAM, sarah. - a process framework for global software engineering teams. information and software technology, vol.54(11), pp.1175-1191 - ISSN: 0950-5849; DOI: 10.1016/j.infsof.2012.05.002. SciVerse ScienceDirect journals. 2012.

[55] COLLOFELLO, j. s. and HART, m. - monitoring team progress in a software engineering project class. frontiers in education conference, 1999. FIE '99. 29th annual. DOI: 10.1109/FIE.1999.839226. page(s): 11B4/7. IEEE CONFERENCE PUBLICATIONS. 1999.

[56] QUANGUI, zhang. and PU, wang. and JIANZHUO, yan. and LIYING, fang. and YONGSHENG, qi. - research on Human-Computer interaction in 3D configuration software. research challenges in computer science. ICRCSS '09. DOI: 10.1109/ICRCSS.2009.14, page(s): 18. IEEE CONFERENCE PUBLICATIONS. 2009.