



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
NÚCLEO DE TECNOLOGIAS ESTRATÉGICAS EM SAÚDE PROGRAMA DE  
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM SAÚDE**

**MARCUS VINÍCIUS DE OLIVEIRA RÉGIS**

**GESTÃO SEMI-AUTOMATIZADA PARA MODELAGENS 3D EM  
PLANEJAMENTOS CIRÚRGICOS**

**CAMPINA GRANDE –  
PB 2016**

**MARCUS VINÍCIUS DE OLIVEIRA RÉGIS**

**GESTÃO SEMI-AUTOMATIZADA PARA MODELAGENS 3D EM  
PLANEJAMENTOS CIRÚRGICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia em Saúde da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia em Saúde.

Orientador: Prof. Dr. José Augusto de Oliveira Neto.

**CAMPINA GRANDE –  
PB 2016**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

R467g Régis, Marcus Vinícius de Oliveira.  
Gestão semi-automatizada para modelagens 3D em  
planejamentos cirúrgicos [manuscrito] / Marcus Vinícius de  
Oliveira Régis. - 2016.  
89 p. : il. color.

Digitado.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia  
em Saúde) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências  
e Tecnologia, 2016.

"Orientação: Prof. Dr. José Augusto de Oliveira Neto, Pró-  
Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa".

1. Tecnologia 3D. 2. Biomodelos. 3. OpenEHR. 4.  
Arquétipos. I. Título.

21. ed. CDD 005.2

**MARCUS VINÍCIUS DE OLIVEIRA RÉGIS**

**GESTÃO SEMI-AUTOMATIZADA PARA MODELAGENS 3D EM  
PLANEJAMENTOS CIRÚRGICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia em Saúde da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia em Saúde.

Orientador: Prof. Dr. José Augusto de Oliveira Neto.

Aprovada em: 22/12/2016.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Paulo Eduardo e Silva Barbosa  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Misael Elias de Moraes  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Jorge Vicente Lopes da Silva  
Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI)

Aos meus pais Luiz Geraldo e Kátia, pela dedicação e amor incondicional e a minha amada esposa Laura Loula por ser a principal incentivadora e dividir todos nossos sonhos juntos, DEDICO.

## **AGRADECIMENTOS**

Nesses anos de mestrado, gostaria de agradecer a algumas pessoas me acompanharam e foram fundamentais para a realização de mais um sonho. Por isso expresso aqui, através de palavras sinceras, um pouco da importância que elas tiveram, e ainda têm, nessa conquista e a minha sincera gratidão por todas elas.

Primeiramente, agradeço a meus pais Luiz Geraldo e Kátia pelo incentivo incondicional e capacidade de acreditar em mim, até mesmo quando nem eu acreditava. Serei eternamente grato e nunca poderei retribuir tudo aquilo que vocês me proporcionaram. Amo vocês.

À minha amada esposa Laura Dourado, pessoa tão importante na minha vida e que divide comigo todos os meus sonhos, agradeço por ser a minha incentivadora diária, exemplo de dedicação e estudos. Te amo!

Ao meu orientador, Professor Doutor José Augusto de Oliveira Neto, por poder sempre contar com o seu entusiasmo contagiante, reconhecimento e incentivo a cada momento. O apoio, a disponibilidade manifestada e a confiança depositada contribuíram decisivamente para que este trabalho tenha chegado a bom termo. Agradeço, ainda, ao exemplo não só na relação orientador/orientando e sim como cidadão.

À Professora Dra. Kátia Elizabete Galdino, coordenadora do curso de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia em Saúde, por seu empenho.

À Professora Dra. Nadja Maria de Oliveira, coordenadora do LABTEC 3D, laboratório no qual serviu de ambiente para a desenvolvimento dessa pesquisa.

Ao Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI), que abriu as portas e se tornou parceiro nessa pesquisa.

Aos colegas da turma 2014 do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia em Saúde. Em especial Jefferson Felipe e Yang Medeiros que tornaram mais fácil o decorrer do processo de aprendizado, ultrapassando o termo colega e transformando em sinceros amigos.

Finalmente, gostaria de agradecer à Universidade Estadual da Paraíba e ao Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde por abrirem as portas contribuindo para o meu crescimento não só de conhecimento técnico como pessoal. Agradeço!

Ninguém vence sozinho. Obrigado a todos!

## RESUMO

Nos últimos anos as Tecnologias de Informação vêm se tornando mais determinantes na evolução de diagnóstico, tratamentos e gestão em saúde. Tecnologias de diagnóstico por imagem e seu uso no planejamento de terapêuticas avançadas têm assumido uma posição de destaque no ramo da biotecnologia. É neste cenário que o Laboratório de Tecnologias 3D do Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde (NUTES) – LABTEC 3D/NUTES – da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) vem fabricando com pioneirismo biomodelos para planejamento cirúrgico de politraumatismo. Biomodelos são reproduções em 3D, com alta precisão, de parte específica da anatomia humana a partir de uma imagem do paciente. O atual processo de fabricação é a origem da necessidade de se gerir a etapas de produção, unificar as informações referentes ao biomodelos e ferramentas utilizadas nos diferentes passos executados, garantindo ainda o devido registro para pesquisas e tratamentos posteriores, internos ou em conjuntos com parceiros locais e internacionais. Este trabalho apresenta uma solução de automação da gestão e *workflow* na fabricação de biomodelos no LABTEC 3D/NUTES, que possibilita registrar e controlar por meio eletrônico as etapas de produção, além de criar uma estrutura que possibilite a interoperabilidade entre as informações clínicas referente ao biomodelo. Estrutura no qual visa posteriormente a extração de informações relevantes para tratamentos e pesquisas nas áreas médica e odontológica.

**Palavras-Chave:** Tecnologia 3D, biomodelos, OpenEHR, arquétipos

## **ABSTRACT**

In recent years, Information Technology has played a crucial part in the evolution of diagnosis, treatments and health care management. Diagnosis Technologies based on images and their use to plan advanced therapies have assumed a protagonist position in the field of biotechnology. In this scenario the 3D Laboratory of Nucleus of Strategic Technologies in Health (NUTES) - LABTEC 3D / NUTES – affiliated to Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) has been pioneering in the production of biomodels for surgical planning of polytraumas. Biomodels are high precision 3D reproductions of specific part of the human anatomy built up from an image exam of the patient. The current manufacturing process requires improvements on how its production stages are managed, so as to unify the information regarding both the biomodel manufactured and the toolset used throughout the different steps executed. In addition, properly registering the process execution might be of a valuable use in subsequent research and treatment, either for LABTEC 3D / NUTES or in joint efforts with local and international partners. This work presents a semi automated solution to enhance the workflow currently executed to manufacture biomodels at LABTEC3D / NUTES, which makes it possible to electronically register and control the steps of production. The solution makes use of an interoperability technological framework that scales to a 3D Labs federation, with the purpose to register and mine relevant information on treatments and research in the medical and dental areas.

**Keywords:** 3D technology, biomodels, openEHR, archetypes

## FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diagrama da Solução .....	14
<b>Figura 2</b> – Etapas da interoperabilidade .....	22
<b>Figura 3</b> - Mapa mental dos padrões de informação em saúde da Portaria no 2.073/2011. ....	26
<b>Figura 4</b> - Modelagem dual da arquitetura do OpenEHR .....	28
<b>Figura 5</b> - Construção de Arquétipos por Especialistas Médicos.....	29
<b>Figura 6</b> - Utilização de Arquétipos em <i>Templates</i> .....	32
<b>Figura 7</b> - Ciclo do SCRUM .....	35
<b>Figura 8</b> - Eixos fundamentais do BPM .....	38
<b>Figura 9</b> - Fluxograma Etapas do Estudo .....	41
<b>Figura 10</b> - Ficha de solicitação e termo de compromisso e a mídia do caso .....	44
<b>Figura 11</b> – Arquivos dos casos clínicos .....	45
<b>Figura 12</b> – Arquitetura do JavaFX .....	50
<b>Figura 13</b> - SCRUM <i>Board</i> .....	54
<b>Figura 14</b> - Diagrama de Classes da Camada Model .....	57
<b>Figura 15</b> - Tela de autenticação do sistema.....	58
<b>Figura 16</b> - Tela de atribuição de permissões .....	58
<b>Figura 17</b> - Tela de histórico de um caso clínico .....	59
<b>Figura 18</b> - Tela principal do Form3D.....	60
<b>Figura 19</b> – CKM - <i>Clinical Knowledge Manager</i> .....	61
<b>Figura 20</b> – Archetype Editor.....	62
<b>Figura 21</b> – <i>Ocean Template Designer</i> .....	67
<b>Figura 22</b> – <i>Ocean Template Designer</i> .....	67
<b>Figura 23</b> – Modelo de Referência .....	69
<b>Figura 24</b> – Tela principal do Form3D.....	70
<b>Figura 25</b> – Monitoramento dos casos clínicos .....	71
<b>Figura 26</b> – Modelo de Referência Arquitetura da solução específica.....	72
<b>Figura 27</b> – Modelo de Referência Arquitetura da solução específica.....	73

## **TABELAS**

TABELA 1	NÍVEIS DE INTEROPERABILIDADE	30
TABELA 2	REQUISITOS FUNCIONAIS	52
TABELA 3	REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS	54
TABELA 4	RESULTADOS DA INTEROPERABILIDADE	65

## ABREVIACOES

LABTEC 3D	LABORATÓRIO DE TECNOLOGIAS 3D
NUTES	NÚCLEO DE TECNOLOGIAS ESTRATÉGICAS EM SAÚDE
UEPB	UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
TI	TECNOLOGIAS DE INFORMACÃO
TIC	TECNOLOGIAS DA INFORMACÃO E COMUNICACÃO
OCDE	ORGANIZACO PARA A COOPERACO E DESENVOLVIMENTO ECONMICO
MA	MANUFATURA ADITIVA
BPM	<i>BUSINESS PROCESS MANAGEMENT</i>
DICONM	<i>DIGITAL IMAGING COMMUNICATIOIS IN MEDICINE</i>
CAD	<i>COMPUTER-AIDED DESIGN</i>
TC	TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA
RM	RESSONÂNCIA MAGNÉTICA
STL	<i>STEREOLITHOGRAPHY</i>

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	JUSTIFICATIVA .....	17
3	OBJETIVOS .....	19
3.1	Objetivo Geral .....	19
3.2	Objetivos Específicos .....	19
4	REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
4.1	Manufatura aditiva.....	20
4.2	Biomodelos e planejamento cirúrgico .....	20
4.3	Interoperabilidade.....	21
4.3.1	Níveis da interoperabilidade .....	23
4.3.2	A Interoperabilidade no contexto da Saúde .....	24
4.3.3	A Portaria no 2.073/2011 do Ministério da Saúde.....	25
4.4	O OpenEHR (Open Eletronic Health Record) .....	26
4.4.1	O Modelo de Conhecimento do Padrão OpenEHR .....	28
4.4.2	Arquétipo e <i>Template</i> .....	31
4.5	Metodologias Ágeis.....	32
4.5.1	SCRUM.....	34
4.5.1.1.	Ciclo de vida do SCRUM.....	34
4.5.1.2.	Papéis e Responsabilidades do SCRUM.....	35
4.5.1.3.	Fases do SCRUM.....	36
4.6	<i>Business Process Management</i> .....	36
4.6.1	Metodologias BPMs.....	37
4.6.2	jBPM.....	39
5	METODOLOGIA.....	41
5.1	Delineamento do Estudo.....	41
5.2	Local da Pesquisa .....	41
5.3	Etapas do Estudo .....	41
5.4	Descrição das Etapas .....	42
5.4.1	Análise do Processo Atual de Fabricação de Biomodelos no LABTEC 3D .....	42
5.4.2	Definir os Requisitos Funcionais e Não funcionais.....	42
5.4.3	Modelar a Solução .....	42

5.4.4	Implantar a Solução .....	43
5.4.5	Validar Solução e Resultados .....	43
5	RESULTADOS .....	44
5.5	Análise do Processo Atual de Fabricação de Biomodelos no LABTEC 3D .....	44
5.6	Definições Dos Requisitos Funcionais e Não Funcionais .....	46
5.6.1	Requisitos da Ferramenta de Gestão .....	46
5.6.2	Requisitos da Interoperabilidade .....	48
5.7	Modelagem da Solução .....	49
5.7.1	Modelagem da Ferramenta .....	49
5.7.2	Modelagem da Interoperabilidade .....	51
5.8	Implementação da Solução .....	52
5.8.1	Desenvolvimento da Ferramenta .....	52
5.8.1.1.	Processo de desenvolvimento .....	52
5.8.1.2.	Especificação dos Casos de Uso .....	54
5.8.1.3.	A ferramenta .....	56
5.8.1.3.1.	Autenticação .....	58
5.8.1.3.2.	Histórico das etapas .....	59
5.8.1.3.3.	Visualização da situação dos casos clínicos .....	60
5.8.2	Desenvolvimento do Mapeamento das Informações Clínicas .....	61
5.8.2.1.	Criação dos Arquetipos .....	62
5.8.2.2.	OpenEHR no Form3D .....	68
5.9	Validar solução implementada .....	69
6	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS .....	77
	REFERENCIAS .....	79
	ANEXOS .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Ultimamente, tem-se testemunhado um grande avanço na tecnologia, principalmente no que diz respeito ao surgimento de novos produtos e serviços. As tecnologias de informação e comunicação (TICs) vêm cumprindo um papel cada vez maior de facilitadoras fundamentais no progresso da humanidade.

A área da saúde não fica de fora deste avanço, os sistemas de informação em saúde são, cada vez mais, um instrumento importante para o desenvolvimento de estratégias nessa área. Este avanço tecnológico na saúde impacta diretamente no desenvolvimento dos sistemas, com o intuito de melhorar qualidade do atendimento, o acesso a serviços e a produtividade na saúde. As tecnologias da informação e os novos modelos de atendimento que elas representam exigem, no entanto, uma grande mudança nas práticas tradicionais.

As Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) têm sido apontadas como ferramentas importantes para apoiar a qualificação dos mais diversos sistemas de saúde. Segundo a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), grande parte da ineficiência do setor tem origem em problemas na transmissão de informações, o que pode ser melhorado por meio do uso de tecnologias da informação. Além disso, a incorporação de tecnologias modernas no diagnóstico por imagem e no planejamento de terapêuticas avançadas, como as cirurgias reparadoras e reconstrutivas de regiões do organismo humano, tem assumido uma posição de destaque no ramo da biotecnologia.

A modernização dos processos produtivos, com o uso de Manufatura Aditiva (MA), processo pelo qual objetos são criados em ferramentas de design gráfico e impressos em impressoras 3D, tem revolucionado o mercado mundial, trazendo inúmeros benefícios para empresas e organizações que implementaram esta tecnologia no seu processo.

Desde 2012 o Laboratório de Tecnologias 3D (LABTEC 3D) do Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde - NUTES da UEPB vem produzindo biomodelos que servem de apoio nos planejamentos de procedimentos cirúrgicos. Após um início empírico, um processo de fabricação mais estruturado foi definido. No entanto, a execução do processo e a obtenção de benefícios futuros para serviços e pesquisa em saúde com base nos casos catalogados estão profundamente comprometido pelo caráter artesanal e burocrático sob qual o processo vem sendo executado.

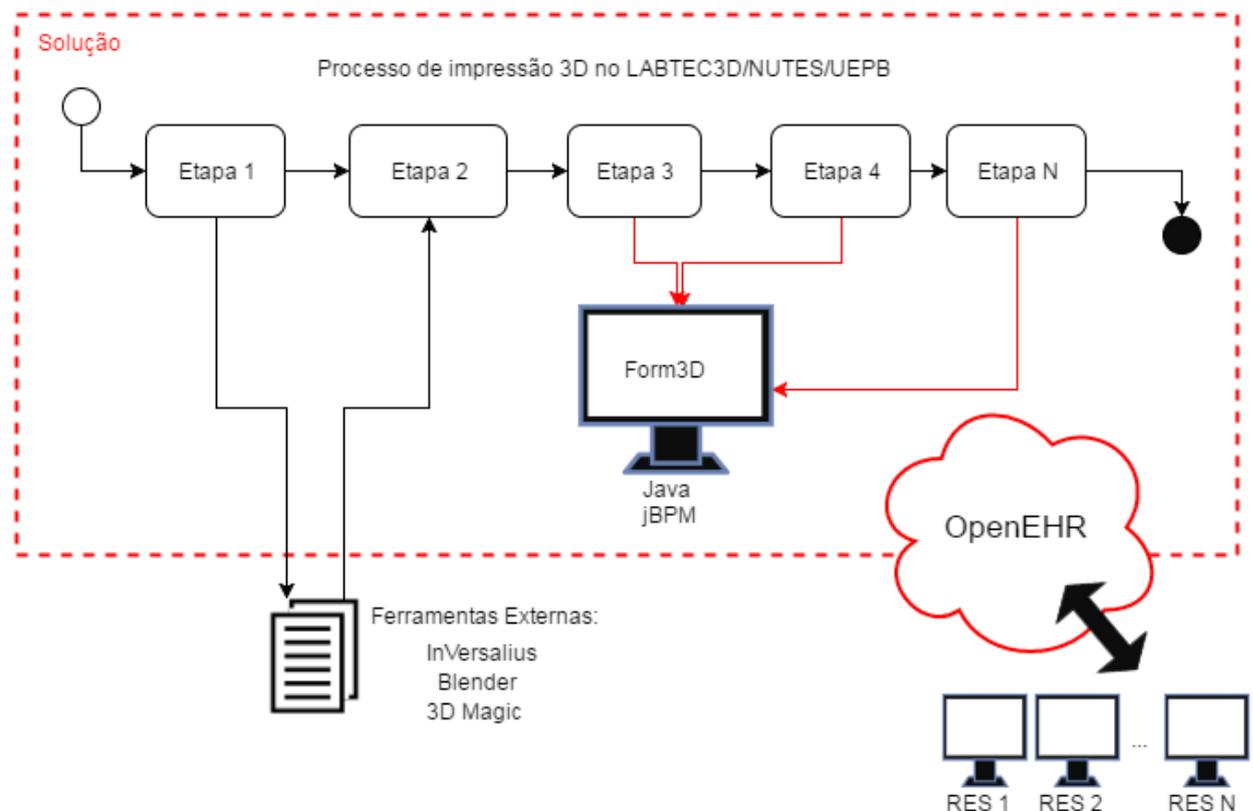
Diante desse cenário, partiu do LABTEC 3D a necessidade de gerir o processo de

produção de biomodelos e integrar as informações relacionadas aos casos clínicos, com os demais parceiros de pesquisa. Atualmente, laboratórios que dispõem de equipamentos e executam o processo de fabricação baseado em impressão 3D atuam de forma isolada e desenvolvem sistemas que atendem seus requisitos específicos não existindo qualquer integração entre eles.

Dado o desafio de ter o LABTEC 3D com a gestão de processo de fabricação de biomodelos informatizado e registrado eletronicamente, além de possuir uma infraestrutura interoperável, cabe ao pesquisador três árduas missões: i) levantar os requisitos necessários para semi- automatização e integração das informações clínicas dos biomodelos produzidos ii) propor uma arquitetura distribuída capaz de interoperar e iii) desenvolver a solução que deve ser implantando no Laboratório.

Vistos os desafios supracitados a figura 1 a seguir demonstra o diagrama da solução e como cada tecnologia se aplica em prol do objetivo da pesquisa proposta.

**Figura 1.** Diagrama da Solução



**Fonte:** Próprio autor.

A concepção da solução de semi-automatizar a gestão do processo de fabricação da modelagem 3D visa desenvolver uma ferramenta configurável, denominada de Form3D, para gerenciar o processo produtivo de Manufatura Aditiva dentro do LABTEC 3D.

Uma vez que o processo foi definido usando a metodologia BPM (*Business Process Management*) e com base nos requisitos exigidos na confecção dos biomodelos, o Form3D passa a gerenciar as etapas realizadas pelos pesquisadores que atuam nestes processos. Pelo fato da ferramenta ser configurável de acordo com o processo usado na fabricação de biomodelo, torna-se mutável ao ponto de adaptar-se em diferentes cenários, podendo assim acrescentar ou subtrair etapas do fluxograma sem que modificações drásticas de implementação na solução sejam necessárias.

Dentro do fluxograma das atividades referentes à fabricação dos biomodelos, existe a etapa de processamento da imagem, no qual há a necessidade de utilizar ferramentas externas para realizar esta atividade, tais como: *InVesalius*, *Blender*, *3D Magic* etc. A interação entre as ferramentas externas e o *Form3D* são configuradas na solução, e o controle da etapa acontece de forma automática, ou seja, o próprio *Form3D* aciona a ferramenta externa e faz o controle do fluxo, de maneira que a etapa só é considerada concluída quando a tarefa foi encerrada pela ferramenta externa.

Para realizar a interoperabilidade entre outros RES (Registro Eletrônico de Saúde) a solução adota a metodologia *OpenEHR*, que é um conjunto de ferramentas e especificações livres definidos para integração de soluções da modalidade RES. Este conjunto permite o desenvolvimento de registros clínicos em módulos de acordo com a necessidade e ainda sim capaz de realizar operações entre si, ou seja, interoperáveis.

Diante do descrito, temos como problema da pesquisa o seguinte questionamento: É possível semi-automatizar, por meio eletrônico, a gestão no processo de fabricação de biomodelos do LABTEC 3D, podendo controlar, rastrear e interoperar as informações clínicas dos biomodelos?

A partir da problemática desse trabalho podemos enumerar as hipóteses a seguir:

#### Hipóteses

- i) Uma solução de TICs para apoiar e semi-automatizar a gestão no processo de fabricação de biomodelos fornece suporte tecnológico para controle e rastreamento dos dados acumulados em registros de casos cirúrgicos apoiados por biomodelo.
- ii) Uma solução de TICs para apoiar e semi-automatizar a gestão no processo de fabricação de biomodelos viabiliza a interoperabilidade possibilitando o intercâmbio de informações entre entidades fisicamente distribuídas.

Portanto, a pesquisa objetivou desenvolver uma solução de tecnologia para gerenciar o processo de fabricação de biomodelos do LABTEC 3D e possibilitar a interoperabilidade com outros sistemas de registros eletrônicos em saúde.

## 2 JUSTIFICATIVA

O NUTES/UEPB, núcleo de Tecnológicas Estratégicas em Saúde, tem atualmente como uma das suas linhas de pesquisa as tecnologias tridimensionais com aplicabilidade à saúde. A produção dos biomodelos auxilia profissionais da saúde nos seus procedimentos cirúrgicos.

Dentro do NUTES o LABTEC 3D (Laboratório de Tecnologias Tridimensionais) tem se dedicado à pesquisa, desenvolvimento e aplicação da manufatura aditiva nas áreas médica e odontológica para planejamentos cirúrgicos apoiados por biomodelos.

O processo de fabricação de biomodelos atual do LABTEC 3D não tem registro eletrônico dos casos clínicos por meio eletrônico. Seus registros são realizados por meio de preenchimento manual de um formulário de solicitação de serviços e um termo de compromisso, disponíveis em forma de papel. Este formulário contém as informações necessárias para a fabricação do biomodelo.

O armazenamento dos casos clínicos é realizado através de classificadores contendo o formulário de solicitação e a mídia do exame que é base para a geração do biomodelo. Sua identificação é feita pelo nome do médico que solicitou e do paciente. Um armário de arquivos contém todos os casos clínicos já realizados pelo LABTEC 3D separados por gavetas, de maneira que a busca por qualquer informação mais específica se torna uma atividade exaustiva, sendo necessário eventualmente percorrer todos os casos para se encontrar o desejado. Não existe sequer uma ordenação, tampouco um identificador único para cada caso.

Devido ao fato da gestão do processo de fabricação de biomodelos não estar informatizado, o gerenciamento e monitoramento do processo torna-se uma tarefa difícil. Ter a visibilidade de cada caso clínico e em que passo ele se encontra dentro do processo de fabricação não é trivial, o que requer tempo e esforço elevados. Ainda, no formato atual não é claro rastrear qual responsável técnico está trabalhando em qual caso clínico.

A falta de registro eletrônico das etapas de fabricação, portanto, tem inviabilizado a agilidade de execução e gestão almejada. Sem uma solução informatizada, ficam comprometidos benefícios como: Otimização tempo de fabricação; Geração de controles mais apurados para fins de auditoria e aderência à padrões de qualidade; Melhorias de

segurança no processo; Criação de histórico de fluxo de todas as informações.

O fato de não ter as informações relacionadas aos biomodelos registradas eletronicamente impossibilita também a integração e interoperabilidade entre as instituições de pesquisa que realizam atividades semelhantes. O trâmite de informação não pode ocorrer, visto que as informações envolvidas no processo de fabricação não podem ser manipuladas.

Não existindo uma solução de integração e interoperabilidade entre os laboratórios, alguns benefícios como intercâmbio de casos clínicos entre as instituições e criação de uma massa de dados para pesquisa em biomodelos para apoio a procedimentos cirúrgicos ficam comprometidos.

Diante desse cenário surgiu a demanda do desenvolvimento de uma solução que semi-automatize a gestão no processo fabricação de biomodelos no LABTEC 3D/NUTES, possibilitando o registro eletrônico dos casos tratados, rastreabilidade na execução do processo e seja aberto para futura interoperabilidade com soluções que tenham registros eletrônicos de informações clínicas de pacientes, a exemplo de laboratório, empresas e prestadoras de serviços de saúdes parceiros do LABTEC 3D.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma solução de TICs configurável para apoiar e semi-automatizar a gestão na fabricação de biomodelos para planejamentos cirúrgicos no LABTEC 3D/NUTES, que escala para uma federação de diversos LABTEC 3Ds geograficamente dispersos.

#### 3.2 Objetivos Específicos

- Registrar em meio eletrônico os casos clínicos no processo fabricação de biomodelos no LABTEC 3D;
- Controlar e rastrear em meio eletrônico todo o processo de gestão de fabricação biomodelos no LABTEC 3D;
- Criar um arquétipo/*template* que represente as informações médicas dos biomodelos dentro do universo do LABTEC 3D
- Tornar possível a interoperabilidade em a solução proposta com demais RES que utilizam a especificação OpenEHR.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Manufatura aditiva

Manufatura aditiva é definida como um conjunto de processos tecnológicos que comporta fabricar objetos físicos tridimensionais (protótipos), a partir de um projeto de uma representação de superfícies com malhas não estruturadas. O objetivo consiste em alcançar um modelo real com as características geométricas semelhantes ao do virtual, podendo ser manipulado para vários fins. Uma das aplicações desta técnica é a reprodução de estruturas anatômicas. O processo de fabricação utiliza dados de imagem da região anatômica de interesse, obtidos por equipamentos de imagens biomédicas, resultando nos biomodelos ou protótipos biomédicos (PELTOLA, 2008).

As informações recuperadas através das tomografias computadorizadas, ressonâncias magnéticas e ultrassonografias são armazenadas no formato DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*). O padrão DICOM constitui uma linguagem comum entre computadores e os equipamentos de imagem, estejam estes em hospitais, clínicas ou laboratórios. As imagens no formato DICOM não perdem definição e, conseqüentemente, sua interpretação pode ser realizada em prazo indeterminado (NAGY, 2007).

O formato DICOM é reconhecido pelos softwares biomédicos e permitem a construção do modelo de representação tridimensional (3D). A malha de representação 3D engloba a criação de modelos por meio computacional e caracteriza-se por uma modelagem eletrônica e tridimensional de determinado objeto. Em prototipagem biomédica, o modelo de representação 3D é obtido, geralmente, com a sobreposição de vários cortes de um exame tomográfico, aproximados por um conjunto de faces triangulares, em softwares específicos (GRELLMANN, 2001).

O desenvolvimento de um biomodelo envolve várias etapas de manipulação das imagens obtidas. A segmentação constitui uma das fases mais importantes deste processo. É caracterizada pela apresentação dos elementos constituintes de uma imagem. Nesta fase, os elementos de interesse são extraídos para subsequente processamento, visualização e análise. (SOUZA; CENTENO; PEDRINI, 2003).

### 4.2 Biomodelos e planejamento cirúrgico

A aquisição de biomodelos compatíveis com a anatomia humana tem se tornado possível via integração da tecnologia de representação de malhas aos avanços tecnológicos

obtidos nas imagens médico-odontológica (WINDER, 2005). Essa integração possibilita que as imagens de exames de tomografia computadorizada (TC) ou ressonância magnética (RM) no formato DICOM sejam processadas por programas específicos, criando um conjunto tridimensional (3D) de dados no formato STL (*Stereolithography*).

Atualmente, existem muitas aplicações importantes dos biomodelos de manufatura aditiva em diversas áreas da Odontologia e da Medicina (FOGGIATTO, 2006). Na Odontologia, essa tecnologia encontra seu uso nas seguintes especialidades: CTBMF (cirurgia e traumatologia bucomaxilofacial), auxiliando no planejamento de distrações osteogênicas, reconstruções mandibulares e da maxila, além de cirurgias traumatológicas e ortognáticas. (OLIVEIRA, 2012).

Por se tratar de uma tecnologia relativamente nova, o processo de fabricação de biomodelos para planejamento cirúrgico vem sendo executado de forma artesanal e pouco estruturado.

### **4.3 Interoperabilidade**

A interoperabilidade pode ser vista como a capacidade de um sistema manipular dados provenientes de outros sistemas tão facilmente quanto manipula seus próprios dados (VORTMAN, 2006). Podendo ser definido também como propriedade que os sistemas de informação têm de operar conjuntamente, cada um com seu protocolo de comunicação, software, hardware, aplicativo e suas camadas de comunicação de dados. Dessa forma, a interoperabilidade viabiliza a transferência de informações e de fluxos de processos de trabalho entre sistemas e bancos de dados, por meio da aplicação das suas diretrizes e especificações, contemplando opções de tecnologia, redes, programas e equipamentos.

Analisada de forma abrangente, a interoperabilidade deve contemplar três dimensões básicas, com suas respectivas agendas de trabalho (CS TRANSFORM, 2011; UN, 2012)

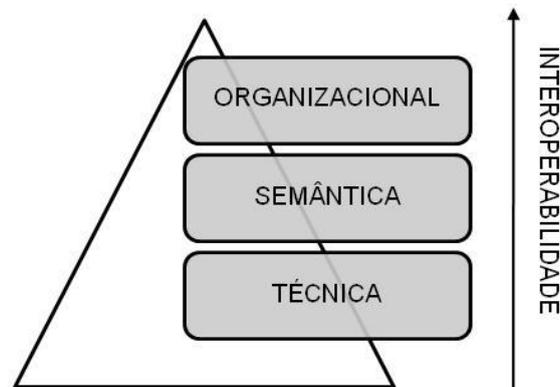
- I. Interoperabilidade Técnica: tem como foco a transmissão dos dados e não seu significado. Tem a função de neutralizar os efeitos da distância, tornando o acesso aos dados transparente. Garante a estrutura, sintaxe e comunicação confiável;
- II. Interoperabilidade Semântica: preserva o significado. Exemplificando, um sistema de saúde enviará uma informação de forma que possa ser interpretada da mesma forma, tanto pelo emissor quanto pelo destinatário. Desconsiderando detalhes técnicos referentes à transmissão, uma resposta que contempla interoperabilidade semântica

fornece informações estruturadas, sequenciadas, não ambíguas, que podem ser colocadas em uso pelo sistema receptor;

- III. Interoperabilidade Organizacional: é um conceito emergente referente aos requisitos que tornam a implementação da integração de sistemas um sucesso. Necessita das definições da interoperabilidade técnica e semântica para então descrever métodos e estratégias para extrair informações e posteriormente definir processos de *workflow*. A interoperabilidade organizacional aperfeiçoa não somente a comunicação da informação, mas também realiza isto em tempo, evento e sequência adequados de forma a coordenar os processos de trabalho.

Partindo dessas três abrangências, os arquitetos de infraestrutura e desenvolvedores de sistemas devem, regularmente, vencer os problemas advindos da coexistência de múltiplas plataformas e da diversidade de protocolos e tecnologias utilizadas. Com isso, antes de pensar em interoperabilidade semântica, é necessário atingir a interoperabilidade técnica; no mesmo sentido, antes de trabalhar a interoperabilidade organizacional, é necessário desenvolver a interoperabilidade semântica. A Figura 2 a seguir mostra esta ideia de uma sequência lógica para atingir a interoperabilidade.

**Figura 2** – Etapas da interoperabilidade



**Fonte:** Próprio Autor

Nota-se que, de forma análoga a uma pirâmide, a interoperabilidade concentra sua base na dimensão técnica. Os primeiros passos a serem trabalhados compreendem o aspecto técnico pelo simples motivo de que redes e sistemas de computadores precisam de hardware e software interoperáveis para comunicar-se entre si, são a pedra fundamental para um mínimo intercâmbio de dados.

Considerando os tipos de interoperabilidade e os possíveis problemas associados, os obstáculos podem estar relacionados a fontes de informação manipuladas pelos sistemas, as

quais podem apresentar diferenças sintáticas, estruturais ou semânticas. (SHETH,1999). A questão sintática diz respeito ao uso de diferentes modelos ou linguagens; a questão estrutural está relacionada a divergências entre as estruturas de dados adotadas por cada sistema; a questão semântica remete à adoção de interpretações divergentes para a informação intercambiada entre os sistemas.

Assim, para que se consiga estabelecer interoperabilidade, é preciso que o usuário esteja convencido do valor proposto pelos padrões e que estes padrões (de registro, comunicação e documentação) sejam implantados e aderidos.

Apesar de muita discussão e pesquisa no estabelecimento de um padrão a principal forma de se compartilhar informações continua sendo através do envio de um conjunto de mensagens eletronicamente (KALRA, 2006).

#### 4.3.1 Níveis da interoperabilidade

A interoperabilidade pode ser dividida em níveis que descreve o de compartilhamento da informação em saúde entre diferentes organizações. Para analisar o nível de interoperabilidade apresentada na Tabela abaixo inclui a quantidade de envolvimento humano necessário, a sofisticação da Tecnologia da Informação (TI) e o nível de padronização (WALKER et al., 2005).

**Tabela 1.** Níveis de interoperabilidade:

<b>Nível</b>	<b>Intercâmbio dos dados</b>
<b>Nível 1</b>	Dados não eletrônicos – sem uso de TICs para partilhar informação (correio, telefone).
<b>Nível 2</b>	Dados transportados eletronicamente – transmissão não padronizada da informação através de TICs básicas (fax, documentos digitalizados, fotos, pdf).
<b>Nível 3</b>	Dados organizados eletronicamente – transmissão de mensagens estruturadas contendo dados não padronizados. Necessita de um tradutor entre os sistemas, frequentemente resulta em traduções imperfeitas devido aos diferentes níveis de detalhe incompatíveis (email de texto livre, mensagens HL7).
<b>Nível 4</b>	Dados interpretáveis eletronicamente - transmissão de mensagens estruturadas contendo dados padronizados e codificados. Estado ideal,

---

os sistemas trocam informação usando os mesmos formatos e vocabulários (openEHR).

---

**Fonte:** WALKER et al., 2005.

### **4.3.2 A Interoperabilidade no contexto da Saúde**

Por definição o que se espera é que os diversos sistemas existentes em uma organização possuam os seus protocolos bem definidos, capazes de automaticamente comunicarem-se entre si, sem a interferência humana. Mas a realidade é bem diferente quando olhamos para o nosso local de trabalho, e o que se vê são soluções isoladas, desenvolvidas para atender a necessidades imediatas, nas quais dada a pluralidade de tipos, conseguem armazenar dados, mas não conseguem compartilhá-los entre si, ou ainda realizar a recuperação da informação com eficiência.

A manipulação adequada das informações de saúde em meio eletrônico pode proporcionar uma melhor qualidade de atendimento e de resultados (KUKAFKA et al., 2007). Pode ainda garantir autenticidade e integridade de informações (eliminam-se erros causados pela interpretação equivocada de transcrições manuais). Além disso, permite assistência médica em lugares e cenários distintos – uso de telemedicina, redução de custos operacionais, agilidade na localização e coerência de informações, automatização de processos. (GOLDSCHMIDT, 2005).

Para proporcionar tais benefícios torna-se necessário estabelecer um padrão de interoperabilidade de sistemas de saúde. Os padrões para interoperabilidade permitem que produtos desenvolvidos por fornecedores distintos troquem informações médicas e também contribuam para aumentar a compatibilidade e interoperabilidade entre uma variedade de aplicações e sistemas de saúde existentes. (WIRSZ, 2000). Ainda, segundo Wirsz, (2000), organizações de saúde que utilizarem produtos padronizados podem iniciar disponibilizando informações de sistemas com poucas entradas, prosseguindo para departamentos simples e gradualmente construir um sistema de larga escala para atingir uma solução de integração de nível organizacional.

A criação de padrões que viabilizem a interoperabilidade entre sistemas de informações em saúde, por meio da aplicação da Tecnologia da Informação e Comunicação, permite o fornecimento de serviços mais adequados às necessidades dos seus clientes, aos negócios, com mais qualidade, custos menores. Isto torna-se possível com a criação de uma sólida infraestrutura de TICs em Saúde, que sirva como base estrutural para a criação desses

serviços, permitindo que o serviço de saúde privado e/ou público, seja moderno, integrado e eficiente. Isso exige que sistemas sejam igualmente modernos, integrados e interoperáveis, trabalhando de forma íntegra, segura e coerente. Tal anseio assemelha-se aos esperados pelo governo brasileiro para integrar seus sistemas de governo, onde já se encontra em andamento, mas ainda não foi possível contemplar a saúde, dada a complexidade envolvida (GOV.BR. e-PING, 2014).

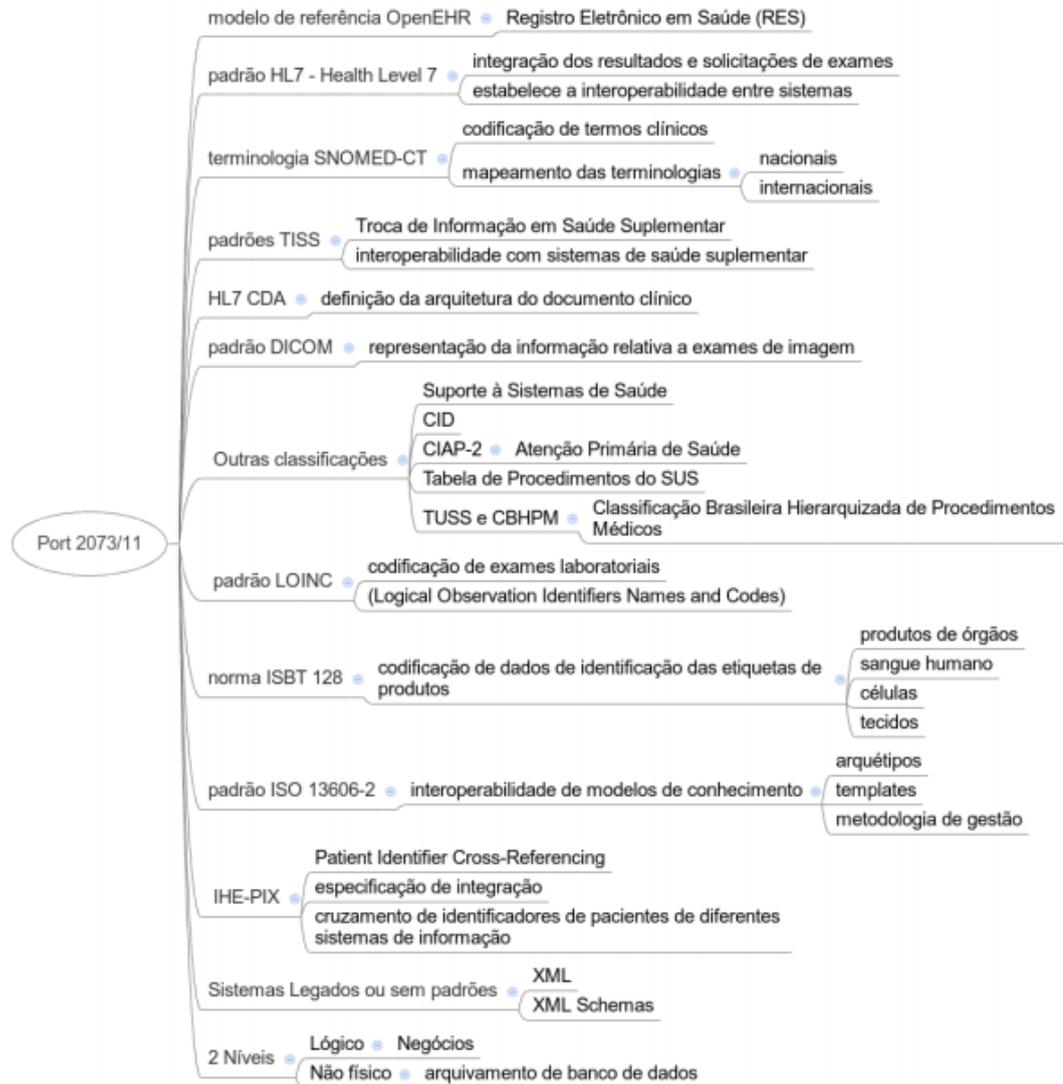
### **4.3.3 A Portaria no 2.073/2011 do Ministério da Saúde**

No Brasil, a preocupação com a interoperabilidade de sistemas médicos ficou evidente através da portaria 2.073 de 2011 do Ministério da Saúde. Uma das recomendações dessa portaria é justamente adotar ontologias e terminologias para lidar com a questão da interoperabilidade de Sistemas de informações. (BRASIL, 2011).

A regulamentação do uso de padrões de interoperabilidade para sistemas de informação em saúde no âmbito do Sistema Único de Saúde, nos níveis Municipal, Distrital, Estadual e Federal, e para os sistemas privados e setor de saúde suplementar, e no seu anexo define os padrões de informação em saúde, representada pela Figura 3.

Um dos fatores impeditivos à interoperabilidade é devido aos padrões, protocolos e terminologia. Neste contexto, o Brasil tem envidado esforços para alcançar êxito na aplicação da TI na saúde. Os padrões encontram-se listados na Figura 1. Os padrões de interoperabilidade, constantes na Portaria no 2.073/2011, propõem como solução à ausência de interoperabilidade semântica, tecnológica, funcional, serviços, sistemas legados, entre modelos de conhecimento e em sistemas de saúde. O emprego dos padrões listados na Figura 3 poderá trazer benefícios à troca de informação, integração de várias tecnologias, melhor utilização da informação, padronização dos modelos de conhecimento, terminologias, etc.

**Figura 3** - Mapa mental dos padrões de informação em saúde da Portaria no 2.073/2011.



Fonte: BRASIL, 2011

#### 4.4 O OpenEHR (Open Electronic Health Record)

A Fundação *openEHR*, *open Electronic Health Record*, (tradução literária para Registro Eletrônico de Saúde aberto), sem fins lucrativos, criada em 2002 pela *University College London* (Universidade de Londres), Inglaterra, com participação de membros da Austrália, reúne uma comunidade internacional de cerca de 66 países e tem como objetivo elaborar um conjunto de especificações abertas que descrevem a gerência e o armazenamento de dados assistenciais de prontuários eletrônicos. (OPENEHR, 2010).

O desenvolvimento das especificações da Fundação *openEHR* é resultado de 15 anos de pesquisa de um grande número de projetos e de padrões em todo o mundo (KALRA, 2002).

Para *Schloeffel* (2004) os objetivos principais da Fundação *openEHR* são:

Promover e publicar especificações de requisitos para representação e comunicação das informações dos registros eletrônicos dos pacientes, baseados em experiências de implantação;  
 Promover e publicar modelos e dicionários de dados e arquiteturas de informação;  
 Manter implementações de referência de fontes abertas, com as devidas licenças, de forma a fomentar o desenvolvimento de um conjunto de Aplicações que atendam aos sistemas de gerenciamento assistencial;  
 Colaborar com outros grupos de padrões no sentido de construir sistemas de informação em saúde adotando os princípios da interoperabilidade e qualidade.

A Fundação *openEHR* tem como base um conjunto de princípios e requisitos que direcionam sua metodologia de arquitetura dos sistemas de RES, alinhados com os conceitos de interoperabilidade funcional e semântica da norma ISO 20514 (ISO 20514, 2005).

Ontologia da informação e da realidade. A primeira se refere ao conteúdo dos modelos de informação, enquanto que a segunda se refere às classificações e vocabulários em saúde (como o CID, SNOMED-CT e LOINC);

Responsabilidade no ambiente computacional. Ou seja, esse princípio divide um sistema complexo com inúmeros serviços executando pequenas tarefas e se comunicando entre si. Ao separar conceitos como terminologia, mensagens, formatos de imagens, extrato do registro eletrônico e padrões para tipos de dados, resulta em baixo-acoplamento, encapsulamento e componentização dos sistemas.

Ponto de vista da informação e da computação, utilizando, para isso, um modelo de referência e de serviços, respectivamente.

Esses princípios impactam na forma de desenvolvimento dos registros eletrônicos em saúde.

Partindo do ponto de vista que o mundo não é estático, uma nova proposta para desenvolver sistemas torna-se fundamental. No caso dos sistemas de saúde ainda mais, visto que a complexidade é ainda maior: novos conceitos surgem com extrema rapidez; existem milhares de conceitos; a tecnologia se aprimora; ocorrem frequentes alterações no fluxo operacional e gerencial; frequentes mudanças nos processos de negócio; necessidade de recursos de segurança e privacidade; etc.

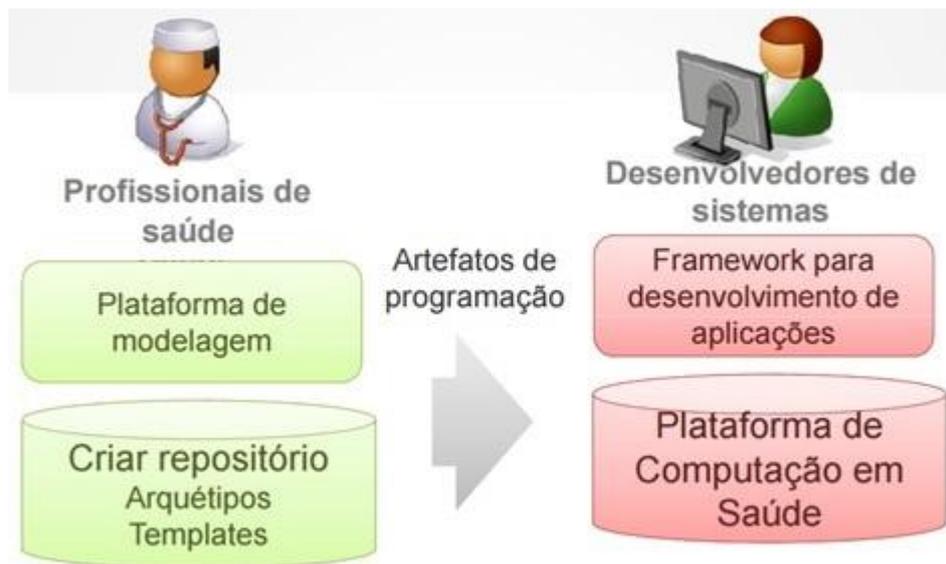
Dessa forma, a proposta da Fundação *openEHR* (OPENEHR, 2010) tem como fundamento a modelagem de conhecimento, baseada no princípio da separação do domínio das questões técnicas dos sistemas de informação. A abordagem técnica do *openEHR* é

de modelagem multinível com arquitetura orientada a serviços, no qual os modelos construídos por especialistas de domínio estão em sua própria camada.

Para a construção de RES, Registros Eletrônicos de Saúde, semanticamente interoperáveis, é necessário o uso de uma arquitetura flexível que possibilite a expansibilidade futura do sistema. A Fundação *OpenEHR* especifica uma arquitetura de RES baseada no uso de modelos duais para representação de informações em saúde.

Diferente das práticas usuais na engenharia de software, nas quais separam os conceitos de domínio apenas por meio de uma camada lógica dentro de um sistema (a camada de domínio), a arquitetura proposta pelo *OpenEHR* contém dois níveis: o primeiro nível que possui o Modelo de Referência e, um o segundo que é construído com base no primeiro e contém o Modelo de Arquétipos (NARDON, FRANÇA E NAVES, 2008).

**Figura 4** - Modelagem dual da arquitetura do OpenEHR



**Fonte:** OPENEHR, 2010

Este novo paradigma para desenvolvimento de softwares faz com que o esforço da modelagem dos conceitos se torne bem menor do que na metodologia tradicionais. A principal diferença dessa abordagem é que os usuários utilizam o modelo de conhecimento definido pelos autores do domínio. Dessa forma, no modelo dual, os autores do domínio ficam responsáveis pelo desenvolvimento dos conceitos nos arquétipos.

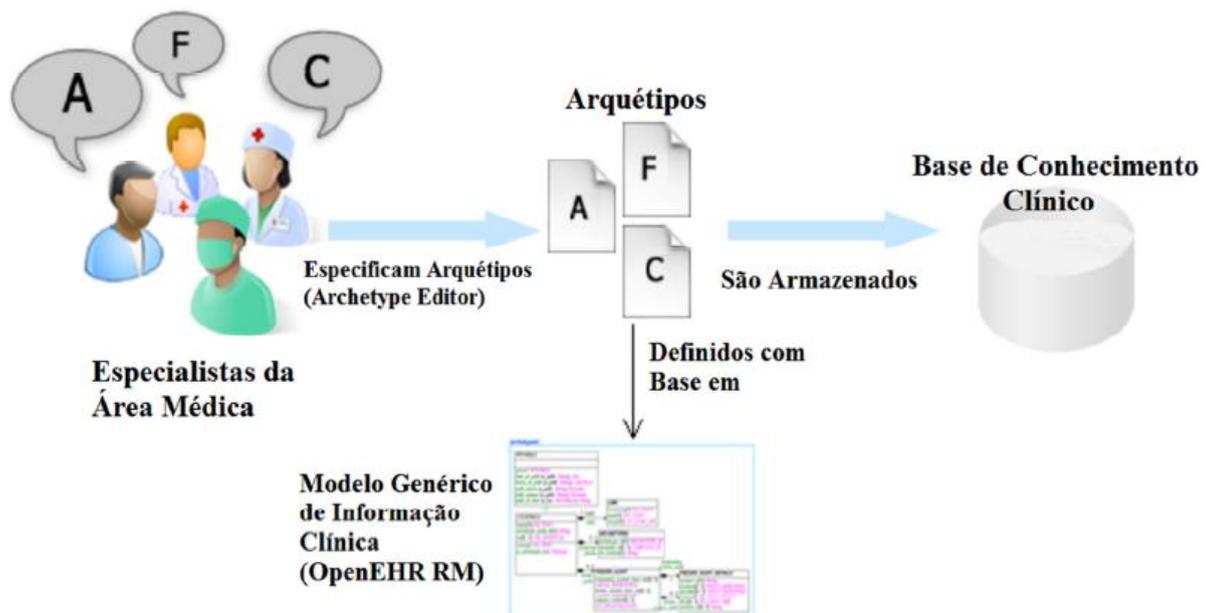
#### 4.4.1 O Modelo de Conhecimento do Padrão OpenEHR

O modelo de conhecimento do padrão *OpenEHR* tem por objetivo representar conceitos clínicos particulares ao contrário do modelo de referência, que representa conceitos clínicos gerais e reside dentro do software.

Partindo da abordagem do modelo dual, um modelo de informação, ou de referência estável constitui o primeiro nível da modelagem, enquanto as definições formais do conteúdo clínico na forma de arquétipos e *templates* constituem o segundo. Somente o primeiro nível (o modelo de referência) é implementado em software, reduzindo significativamente a dependência de sistemas legados e dados (BEALE; HEARD, 2008).

Os conceitos clínicos privados são representados como um conjunto de restrições sobre o modelo de informação genérico. A abordagem do OpenEHR, através da modelagem de dois níveis, habilita o corpo médico a determinar as características do registro de saúde mais adequadas para suas necessidades, ilustra a separação entre a atividade dos especialistas de domínio (neste caso, em específico, a área médica) na criação dos arquétipos através do modelo genérico de informação e que, por sua vez, irão compor as bases de conhecimento clínico conforme a Figura 5 a seguir.

**Figura 5** - Construção de Arquétipos por Especialistas Médicos



Fonte: OPENEHR, 2010

O modelo *OpenEHR* sugere uma estrutura de alto nível, em formato árvore, para manter os registros clínicos composta dos seguintes elementos, em ordem crescente de

hierarquia:

- *ELEMENT*: corresponde ao nó (folha) da árvore que carrega um dado simples, como pressão sistólica, pressão diastólica, peso corporal, nome de um medicamento, etc.
- *CLUSTER*: permite a criação de estruturas de dados mais complexas como tabelas, árvores, como lista que reúne as medições de pressão sistólica e diastólica, ou todas as possíveis posições em que o paciente pode estar no momento em foram tomadas as medidas ou a interpretação de um eletroencefalograma. Estas estruturas se agrupam em *ELEMENTS*.
- *ITEM*: representa o tipo de dado que se está representando conforme o modelo de referência anteriormente apresentado, como observação, inferência, ação, etc.
- *ENTRY*: contém uma estrutura (não recursiva) de dados que utiliza uma estrutura de Clusters/Elements, como medida da pressão sanguínea, resultado de um exame etc.
- *SECTION*: cabeçalhos de uso opcional, que possibilitam a organização das *entries* (entradas) numa composição, como histórico familiar, alergias, sintomas subjetivos etc.
- *COMPOSITION*: representa o conjunto de componentes do RES que é criado durante um encontro clínico, como resumo de alta, relatório clínico, etc.
- *FOLDER*: é o nível mais alto do RES, utilizado para agrupar composições, podendo conter outros folders e informações multiprofissionais. Pode ser dividido em compartimentos como: Hospital, Pediatria, Geriatria, Laboratório de análises etc.

Em um dado contexto, os dados coletados de acordo com os arquétipos são armazenados em um sistema de RES em grandes estruturas denominadas Compositions, que tem seus próprios arquétipos. As Compositions são comparáveis com um documento que resulta de um evento clínico. Ou seja, os arquétipos contêm um conjunto máximo de dados sobre cada conceito clínico, incluindo dados de atendimento requeridos como: protocolos, ou métodos de medição; eventos relacionados; e contexto que é requerido para o dado clínico ser interpretado corretamente.

#### 4.4.2 Arquétipo e *Template*

Ao dividir claramente os dois modelos, a arquitetura *openEHR* permite que cada um destes modelos tenha uma estrutura bem definida. Isso aumenta a componentização e melhora a capacidade de manutenção e adaptação do sistema. Conseqüentemente, os arquétipos podem ser também, considerados como mantenedores da semântica das informações passíveis de uso nas trocas de mensagens entre os sistemas de RES.

Arquétipos são modelos formais e reutilizáveis dos conceitos de domínio (BEALE, 2010). Eles contêm uma linguagem própria, criada com o intuito de ser manipulável por profissionais da saúde, os especialistas no domínio, e não apenas por desenvolvedores de software. Arquétipo pode ser definido como elemento-chave da metodologia *openEHR* (BEALE; HEARD, 2007a). É a expressão computacional do modelo de conteúdo de um domínio, estruturado como restrições do modelo de referência (BEALE; HEARD, 2007b).

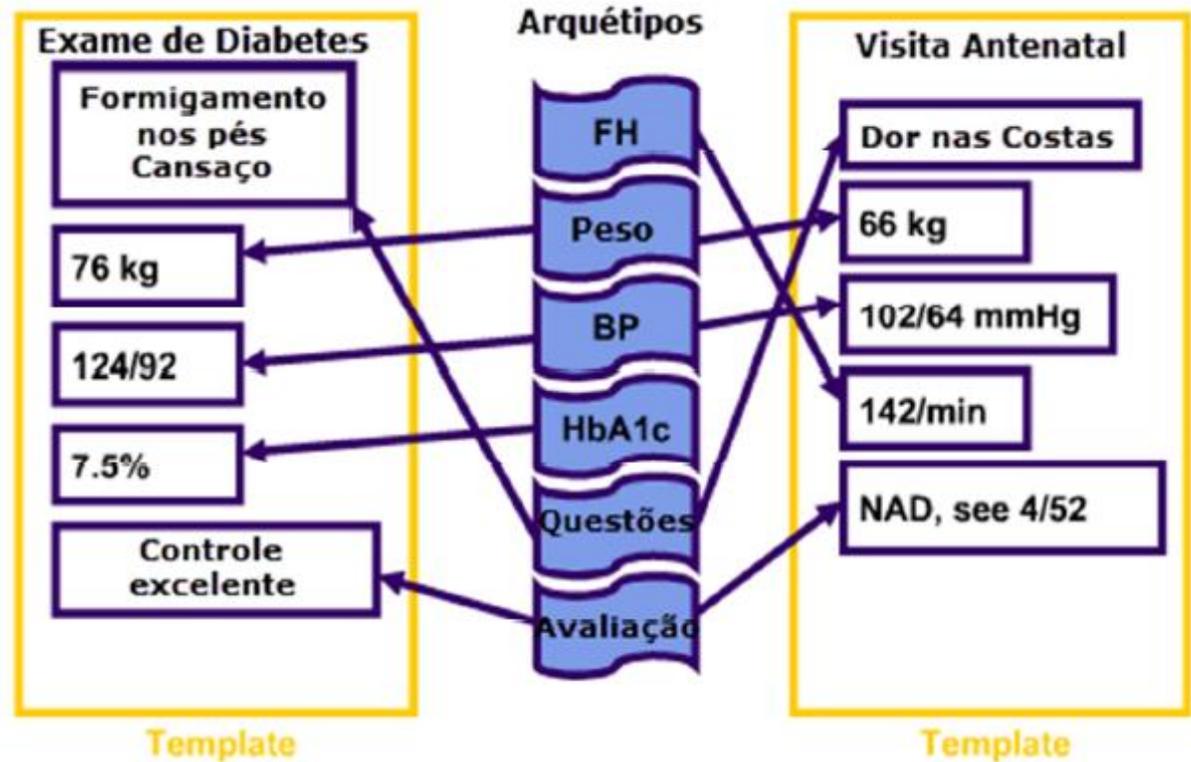
O Modelo de Referência é composto por um conjunto de diferentes Modelos de Informação, os quais apresentam estruturas genéricas que podem ser restringidas por arquétipos (BEALE e HEARD 2010). Há vários modelos de informação, tais como Modelo de Tipos Básicos de Dados, Modelo de Estruturas de Dados e Modelo Demográfico.

Deste modo, quando novos conceitos são desenvolvidos, ou conceitos já existentes evoluem, torna-se possível criar novos arquétipos ou aprimorar os já existentes, evitando a necessidade de alteração do software, pois este, neste caso, já está preparado para utilizar estruturas mais genéricas.

Uma das principais características dos arquétipos é a possibilidade de serem traduzidos e especializados. Os arquétipos são desenvolvidos em linguagem ADL (BEALE; HEARD, 2008b), mas podem ser em qualquer linguagem, como XML, por exemplo. Eles são neutros em relação às terminologias: podem opcionalmente fazer referências às terminologias externas (SUNDEVALL, 2008). Entretanto, é importante destacar que essas referências contribuem para a construção dos sistemas de apoio à decisão (NIÈS,2007).

Grupos de arquétipos são combinados em *templates* com o objetivo de capturar o conjunto de dados correspondente a uma tarefa clínica particular. Devido ao seu caráter componentizado, os arquétipos podem ser utilizados na definição de diversos *templates* como ilustrada pela Figura 6.

**Figura 6** - Utilização de Arquétipos em *Templates*



**Fonte:** BEALE e HEARD, 2010

Os *templates* podem ser utilizados para construir formulários genéricos que representam o layout aproximado do RES em uma forma prática, e estes podem ser utilizados por fornecedores, contribuindo com o desenvolvimento de interfaces para usuários.

#### 4.5 Metodologias Ágeis

Devido ao ritmo acelerado de mudanças na tecnologia da informação, pressão por constantes inovações e grande dinamismo no ambiente de negócios, estamos vivendo uma tendência para o desenvolvimento ágil de aplicações, (BOEHM, 2006).

Por volta do ano de 2001, um grupo de dezessete especialistas, referências mundiais em desenvolvimento de software, criou a Aliança Ágil e estabeleceu o Manifesto Ágil para o Desenvolvimento de Software, tornando a expressão “Metodologia Ágil” popular. (HIGHSMITH, 2002). As metodologias ágeis para desenvolvimento de software são uma resposta às chamadas metodologias pesadas ou tradicionais.

Quatro valores definem o objetivo dos métodos de desenvolvimento ágil, que os seus autores consideram faltar às metodologias de desenvolvimento até o momento (HIGHSMITH, 2002):

- Indivíduos e iterações em vez de processos e ferramentas.
- Um software funcionando em vez de uma documentação extensa.
- A colaboração do cliente em vez de negociação de contratos.
- Responder às mudanças em vez de seguir um plano.

O manifesto ágil não abandona os processos e ferramentas, a documentação, a negociação de contratos ou o planejamento, mas simplesmente mostra que eles têm valor secundário quando comparado com os indivíduos e interações, com o software estar executável, com a colaboração do cliente e as respostas rápidas a mudanças e alterações.

Segundo FAGUNDES (2005), para ajudar as pessoas a entender o enfoque do desenvolvimento ágil, os membros do movimento ágil refinaram a filosofia contida em um conjunto de doze princípios, aos quais os métodos ágeis de desenvolvimento de software devem adequar-se. Estes princípios são (COCKBURN, 2001):

1. A prioridade é satisfazer o cliente através de entregas de software de valor contínuas e frequentes.
2. Entregar softwares em funcionamento com frequência de algumas semanas ou meses, sempre na menor escala de tempo.
3. Ter o software funcionando é a melhor medida de progresso.
4. Receber bem as mudanças de requisitos, mesmo em uma fase avançada, dando aos clientes vantagens competitivas.
5. As equipes de negócio e de desenvolvimento devem trabalhar juntas diariamente durante todo o projeto.
6. Manter uma equipe motivada fornecendo ambiente, apoio e confiança necessário para a realização do trabalho.
7. A maneira mais eficiente da informação circular dentro da equipe é através de uma conversa face a face.
8. As melhores arquiteturas, requisitos e projetos provêm de equipes organizadas.
9. Atenção contínua a excelência técnica e a um bom projeto aumentam a agilidade.
10. Processos ágeis promovem o desenvolvimento sustentável. Todos os envolvidos devem ser capazes de manter um ritmo de desenvolvimento constante.
11. Simplicidade é essencial.
12. Em intervalos regulares, a equipe deve refletir sobre como se tornar mais eficaz e então se ajustar e adaptar seu comportamento.

Diversas opções para iniciar a praticar a agilidade em projetos de software são encontradas na literatura destacando-se *Extreme Programming (XP)*, *SCRUM*, *Dynamic*

*System Development Method (DSDM), Crystal e Lean Development*. Uma pesquisa sobre o estado do desenvolvimento ágil (VERSIONONE, 2007) indica que 70% dos entrevistados usam *SCRUM* combinado com outras metodologias e 40% usam *SCRUM* puro.

A metodologia *SCRUM* é bastante objetiva, com papéis bem definidos, de fácil adaptação e ainda, sua curva de aprendizado é relativamente baixa.

#### **4.5.1 SCRUM**

A Metodologia *SCRUM* estabelece um conjunto de práticas e regras de gestão que deve ser adotado para garantir o sucesso de um projeto. Centrado no trabalho em equipe, melhora a comunicação e maximiza a cooperação, permitindo que cada um faça o seu melhor e se sinta bem com o que faz, o que mais tarde se reflete num aumento de produtividade. Englobando processos de engenharia, este método não requer nem fornece qualquer técnica ou método específico para a fase de desenvolvimento de software.

De acordo com o seu autor SCHWABER (2004), o *SCRUM* não é um processo previsível e não define o que fazer em toda circunstância. Ele é utilizado em trabalhos complexos nos quais não é possível prever tudo o que irá ocorrer e oferece um framework e um conjunto de práticas que torna tudo visível. Isso permite aos praticantes do *SCRUM* saber exatamente o que está acontecendo ao longo do projeto e fazer os devidos ajustes para manter o projeto se movendo ao longo do tempo visando alcançar os seus objetivos.

##### **4.5.1.1. Ciclo de vida do SCRUM**

O ciclo do *SCRUM* está baseado em uma série de iterações bem definidas, nas quais cada uma tem a duração de aproximadamente 2 a 4 semanas, chamadas *Sprints*. Antes de cada *Sprint*, é realizado uma reunião de planejamento (*Sprint Planning Meeting*) onde a equipe de desenvolvedores tem contato com o cliente (*Product Owner*) para definir prioridades no trabalho que precisa ser feito, selecionar e estimar as tarefas que a equipe pode realizar dentro da *Sprint*. (SCHWABER 2004)

A fase seguinte é a execução da *Sprint*, na qual a equipe controla o andamento do desenvolvimento realizando reuniões diárias (*Daily Meeting*), com a duração de até no máximo 15 minutos, cada membro da equipe responde a três perguntas básicas: O que eu fiz no projeto desde a última reunião? O que irei fazer até a próxima reunião? Quais são os impedimentos? A final de cada *Sprint*, é feita uma revisão no produto entregue para verificar se tudo realmente foi implementado.

Uma vez finalizado, a *Sprint* deve-se realizar uma reunião de revisão (*Sprint Review*), onde a equipe demonstra o produto gerado e avalia se o objetivo foi alcançado. Logo em seguida, realiza-se a reunião de retrospectiva (*Sprint Retrospective*), uma reunião de lições aprendidas, com o objetivo de melhorar o processo/time e/ou produto para a próxima *Sprint*.

*SCRUM* torna-se ideal para projetos dinâmicos e suscetíveis a mudanças de requisitos, sejam eles novos ou apenas requisitos modificados. No entanto, para aplicá-lo, é preciso entender antes os seus papéis, responsabilidades, conceitos e artefatos das fases de seu ciclo.

**Figura 7 - Ciclo do SCRUM**



**Fonte:** *Scrum Methodology*, 2003

#### 4.5.1.2. Papéis e Responsabilidades do SCRUM

O *SCRUM* implementa um esqueleto interativo e incremental através de três papéis principais: o *Product Owner*, o *SCRUMMaster*, e o *SCRUMTeam* como descrito abaixo (SCHWABER 2004):

- *Product Owner*: representa os interesses de todos no projeto; define os fundamentos do projeto criando requisitos iniciais e gerais (*Product Backlog*), retorno do investimento (ROI), objetivos e planos de entregas; prioriza o

*Product Backlog* a cada *Sprint*, garantindo que as funcionalidades de maior valor sejam construídas prioritariamente.

- *SCRUMMaster*: Gerencia o processo do SCRUM, ensinando o SCRUM a todos os envolvidos no projeto e implementando o SCRUM de modo que esteja adequado a cultura da organização; deve garantir que todos sigam as regras e práticas do SCRUM; é responsável por remover os impedimentos do projeto.
- *SCRUMTeam*: desenvolve as funcionalidades do produto; define como transformar o *Product Backlog* em incremento de funcionalidades numa iteração gerenciando seu próprio trabalho sendo responsáveis coletivamente pelo sucesso da iteração e consequentemente pelo projeto como um todo.

#### 4.5.1.3. Fases do SCRUM

A metodologia SCRUM está dividida basicamente em três fases de desenvolvimento:

Planejamento (Pre-game phase): Fase que são definidas novas funcionalidades requeridas pelo sistema baseado no conhecimento do projeto como um todo. Os requisitos são descritos em um documento que recebe o nome de *backlog*. Em seguida são priorizados e são feitas estimativas de esforço para o desenvolvimento de cada requisito. O planejamento engloba também, entre outras atividades, a definição da equipe de desenvolvimento, as ferramentas a serem usados, os possíveis riscos do projeto e as necessidades de treinamento. Finalmente é proposta uma arquitetura de desenvolvimento. Eventuais alterações nos requisitos descritos no *backlog* são identificadas, assim como seus possíveis riscos.

Desenvolvimento (game phase): Nesta fase o software é desenvolvido em ciclos (*sprints*) em que novas funcionalidades são adicionadas. Cada um desses ciclos é desenvolvido de forma tradicional, ou seja, primeiramente faz-se a análise, em seguida o projeto, implementação e testes. Cada um desses ciclos é planejado para durar de uma semana a um mês.

Pós-planejamento (post-game phase): Fase onde são feitas reuniões para analisar o progresso do projeto e demonstrar o software atual para os clientes. Nesta fase são feitas as etapas de integração, testes finais, documentação, treinamento e marketing.

### 4.6 Business Process Management

O surgimento de ferramentas de desenvolvimento de aplicações, nomeadas de software ágil, contribui também para a evolução da forma como programa-se os sistemas

informáticos. Aparece depois o novo desafio de fazer integrar o negócio com a tecnologia. Dessa forma, recorrendo a ferramentas de gestão suportadas por processos, foi preciso desenvolver a tecnologia que desse suporte aos processos e que permitisse monitorar e melhorar o definido. Com isso, evoluiu para o que passou a ser tratado como a gestão dos processos de negócio (*Business Process Management - BPM*).

Desde o surgimento do BPM no início dos anos noventa, o enfoque BPM tem proporcionado uma visão holística do negócio.

A utilização do BPM tem ganhado maturidade e a comprovação disso está refletida na documentação e estudos produzidos, nas publicações da especialidade (como o *Business Process Management Journal*) e com metodologias em estudo nas Universidades, desenvolvendo e investigando novas técnicas e abordagens que se enquadram na evolução da ciência de gestão (HOUY & FETTKE, 2010).

O BPM congrega princípios de gestão que as organizações aplicam para apoiar a sua vantagem competitiva (HUNG, 2006). Tem como foco os processos de negócio. Um processo de negócio é uma sequência de execuções num contexto de negócio baseado na finalidade de criar produto. Em outros termos, os processos de negócio constituem um conjunto de ações relacionadas entre si de forma lógica e coerente a fim de satisfazerem diversos *stakeholders*, pessoa ou grupo que possui participação, investimento ou ações e que possui interesse em uma determinada empresa ou negócio.

O BPM engloba um conjunto de métodos, técnicas e ferramentas de software de apoio à concepção, aprovação, controle e análise de processos operacionais, a fim de facilitar a criação de valor (VAN DER AALST, TER HOFSTEDE, & WESKE, 2003). Assim, uma gestão de processos de negócios, orientada por objetivos e a realização da estratégia de uma empresa, podem ser realizados.

#### **4.6.1 Metodologias BPMs**

As metodologias e as ferramentas que dão suporte a o desenvolvimento de um framework BPM são diversas e de vários autores. Existem basicamente dois tipos de abordagem:

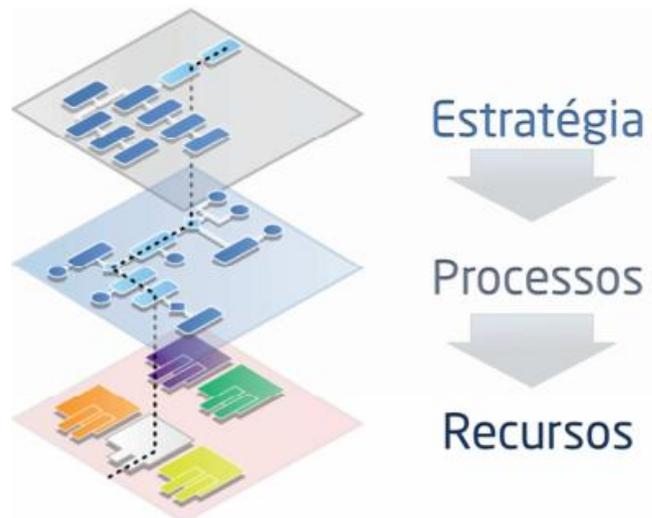
- *top-down* - Começa-se pela definição dos processos envolvendo a gestão de topo até chegar à sua execução no final da hierarquia funcional. Tende a ser empregue em horizontes de tempo mais longos e para dados mais agregados

- *bottom-up*. Começa-se pela componente funcional e depois se procura o enquadramento estratégico envolvendo a gestão de topo. Tende a ser mais adotada em horizontes de tempo mais curtos e para itens individuais

Ainda dentro destas abordagens alguns autores que promovem o “fazer pequeno e pensar grande”, fazendo com que se automatize um processo com visibilidade na Organização e depois se vá adquirindo maturidade com a abordagem e incorporação de outros processos, outros preferem a identificação total e o alinhamento com a estratégia para depois iniciar qualquer implementação.

O BPM se apoia em metodologias de gestão que garantem o ajuste e execução da estratégia com a melhoria contínua da organização, suportado pelos recursos disponíveis. Assim, a organização concebe a estratégia e assenta-a em dois eixos fundamentais: os processos e os recursos, como mostrado na Figura 8.

**Figura 8** - Eixos fundamentais do BPM



**Fonte:** HARMON,2009

Uma das principais pré-condições para sustentar uma implementação BPM é o alinhamento dos processos de negócio com a estratégia organizacional. Quanto melhor estiverem os processos definidos e alinhados com a estratégia, melhor resultado teremos com a implementação BPM (HARMON,2009). Identificamos três principais razões que poderão condicionar negativamente o alinhamento dos processos com a estratégia:

- O distanciamento e o não envolvimento da gestão de topo na estratégia e nos processos. Acresce também o facto de na ausência de liderança poderem resultar processos que não estão alinhados com a estratégia;

- Falta de conhecimentos (know-how) dos gestores de topo em BPM e como representar numa estratégia holística a organização;
- A ausência de uma estratégia BPM, do alinhamento entre a estratégia e os processos.

#### 4.6.2 jBPM

jBPM é um software flexível de gestão de processos de negócio (BPM) que permite aos usuários criar e modificar processos de negócios utilizando fluxogramas gráficos, de responsabilidade da JBoss Community. Software é o responsável por fazer a ponte entre os gestores de negócio e os desenvolvedores. O jBPM oferece funcionalidades de gestão de uma forma agradável tanto para os gestores de negócio como para os desenvolvedores (JBPM, N.D.).

O núcleo do jBPM é um motor de *workflow* leve e extensível escrito em Java, o que permite executar processos de negócio mapeados com a especificação BPMN, a *Business Process Modeling Notation*, que trata-se de uma notação gráfica para a modelagem de processos. A notação permite representar situações comuns nos fluxos de processos através de ícones padrões. Pode ser executado em qualquer ambiente Java, incorporado em aplicações ou como um serviço (JBPM, N.D.).

jBPM dá suporte a processos adaptativos e dinâmicos que requerem flexibilidade para a sua modelação, diante de situações da vida real que não podem ser facilmente mapeados num processo rígido, este aplicativo consegue fazer a sua adaptação (JBPM, N. D.). O controle passa para o lado dos utilizadores, permitindo realizar o controle das partes do processo que devem ser executadas, adaptando-se às mudanças. jBPM fornece várias ferramentas para programadores ( *plugin* para o Eclipse, por exemplo) e utilizadores finais (interface web) para criar, publicar, executar e gerir o processo de negócio ao longo do seu ciclo de vida (WikiJBPM, 2011). jBPM descreve o produto como um conjunto de componentes que, agrupados/combinados, tomam a forma do *software*. Os mais importantes componentes são:

- Core engine - utilizado para executar o processo de negócio. Conta com as seguintes características: execução nativa de BPMN2, baseado em Process Virtual Machine (permitindo a definição de processo em várias linguagens no mesmo aplicativo), logs, suporte para transações, persistência de dados, desempenho, etc.;
- Plugin Eclipse - para suporte da modelação gráfica dos processos em BPMN2, desenvolvimento, teste, simulação e verificação de erros do processo;

- Designer – suporte web para alterar o processo de negócio, suporte de notação gráfica BPMN2, compatibilidade com Java 6, Mozilla Firefox e Google Chrome;
- Console – suporte web para gerir o processo (iniciar, interromper e alterar o processo), tarefas, relatórios, etc.;
- Outros componentes tais como serviços de logs, de tarefas humanas e de gravação de dados do processo (tipos de dados, versões, etc.).

## 5 METODOLOGIA

### 5.1 Delineamento do Estudo

Foi realizada uma pesquisa exploratória para o levantamento de requisitos. Tal metodologia consegue trazer maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito. Para a realização dessa pesquisa estão envolvidos o levantamento bibliográfico, entrevista com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos que estimularam a compreensão.

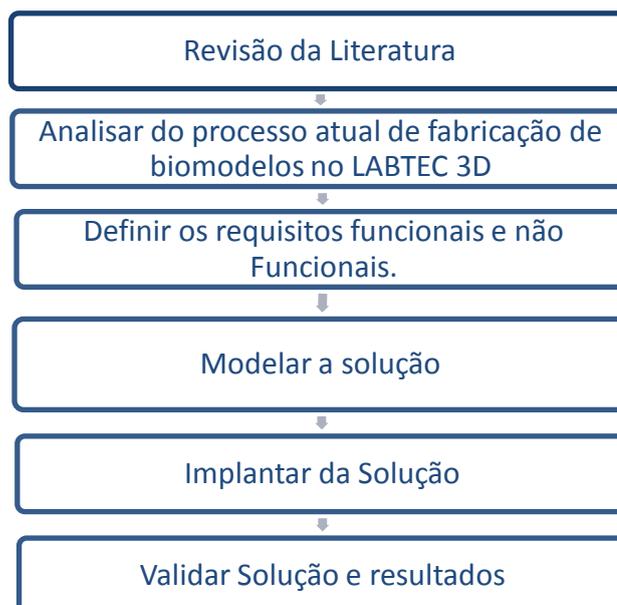
### 5.2 Local da Pesquisa

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Tecnologia 3D LABTEC 3D do Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde – NUTES da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB.

### 5.3 Etapas do Estudo

Na Figura 9, são apresentadas as etapas a serem seguidas para atingir o objetivo geral deste estudo.

**Figura 9** - Fluxograma Etapas do Estudo



**Fonte:** Próprio autor

## **5.4 Descrição das Etapas**

### **5.4.1 Análise do Processo Atual de Fabricação de Biomodelos no LABTEC 3D**

Esta etapa correspondeu a análise do processo atualmente utilizado no LABTEC 3D para fabricação de biomodelos. Onde foi realizado uma avaliação da situação atual do processo, investigando os aspectos relevantes partindo do princípio com a solicitação do até envio do biomodelo impresso no LABTEC 3D.

### **5.4.2 Definir os Requisitos Funcionais e Não funcionais**

Etapa responsável pelo levantamento de requisitos funcionais e não funcionais da solução tecnológica para o gerenciamento de casos clínicos no fluxo dos processos de fabricação de biomodelo, foi realizada em conjunto com os profissionais da área de saúde e técnicos do LABTEC 3D. Esta etapa também consistiu da documentação e do estudo de viabilidade do projeto, o qual determinou o início de seu desenvolvimento.

Durante o levantamento de requisitos foram levantadas as necessidades dos usuários do sistema, bem como foi realizado estudos em sistemas existentes e documentos a fim de compreender o contexto e o processo que foi automatizado. O artefato criado ao final da etapa de levantamento de requisitos é conhecido por documento de requisitos.

### **5.4.3 Modelar a Solução**

A solução que consta como objetivo deste estudo foi composta por duas partes bem distintas, que se complementam para atingir o objetivo maior do esforço de pesquisa e desenvolvimento

A primeira parte da solução corresponde ao desenvolvimento uma ferramenta que gerencia os casos clínicos no fluxo dos processos de fabricação de biomodelos no LABTEC 3D. A ferramenta foi o resultado da informatização da gestão do processo de fabricação de biomodelos, tendo o objetivo de controlar todas as etapas de fabricação relacionadas aos casos clínicos.

A segunda parte da solução foi a representação das informações relacionadas aos biomodelos fabricados no LABTEC 3D em um padrão de interoperabilidade, teve como objetivo realizar o intercâmbio e manipulação de informação entre os LABTEC 3Ds ou outros

registros eletrônicos de saúde.

#### **5.4.4 Implantar a Solução**

A solução tecnológica proposta na modelagem da solução foi implantado nos computadores do LABTEC 3D e as atividades que ele passou a monitorar. A ferramenta desenvolvida foi um auxiliador do processo que existe atualmente no laboratório, não substituindo as pastas e arquivo utilizados anteriormente.

Todos os profissionais que têm relação no processo de fabricação de biomodelos têm acesso a ferramenta proposta. Nesta etapa foi assegurada que todos os envolvidos na operação e gestão estivessem conscientizados, treinados e aptos a utilizarem a ferramenta no laboratório.

Para a solução de interoperabilidade entre os LABTEC 3Ds foi desenvolvido um arquétipo/*template* que representa as informações médicas do biomodelos dentro do padrão de interoperabilidade *OpenEHR*. Nesta atividade foi identificado o conjunto de conceitos clínicos, comumente empregados em diferentes especialidades do domínio de biomodelos.

A ferramenta citada acima tem a capacidade de manipular as informações referentes a este arquétipo, podendo assim, salvar e recuperar da base de dados.

#### **5.4.5 Validar Solução e Resultados**

Ao final da implantação da solução proposta no Laboratório de Tecnologias Tridimensionais – LABTEC 3D, foi feita análise para confirmar se a metodologia proposta foi viável. Para validar a solução foi registrado eletronicamente os casos clínicos já produzidos anteriormente e novos casos que surgiram após a implantação da ferramenta. Foi monitorado a duração de todo o processo para comprovar a hipótese que o processo de fabricação de biomodelos do LABTEC 3D foi de melhor qualidade com relação aos serviços prestados anteriormente.

Para validar a interoperabilidade foram registrados casos clínicos de duas instituições distintas, clínicas e laboratórios do Centro de Ciências Biológicas e de Saúde (CCBS) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), os quais utilizam o padrão de interoperabilidade proposto no estudo e garantindo que as informações de ambos os casos podem ser manipuladas de forma transparente independentemente de onde as informações trocadas foram registradas inicialmente.

## 5 RESULTADOS

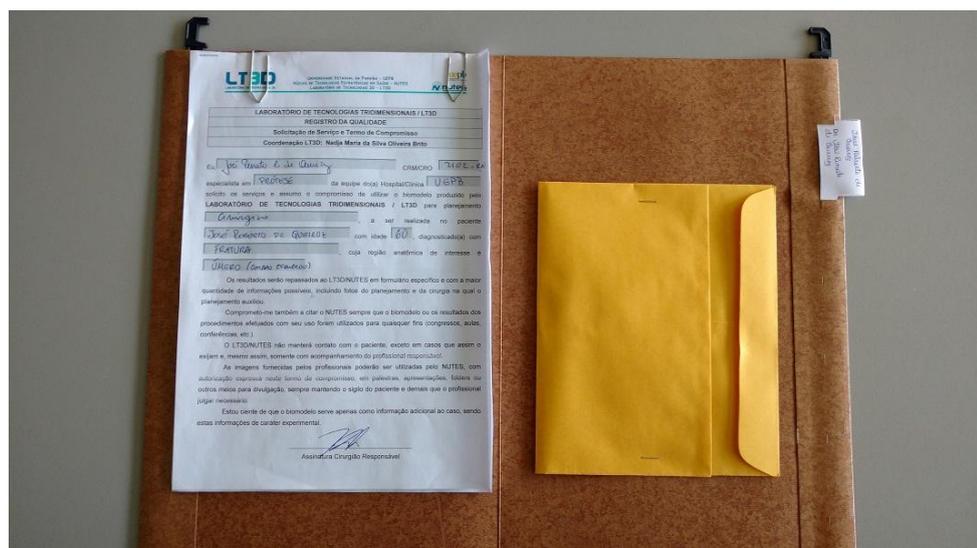
### 5.5 Análise do Processo Atual de Fabricação de Biomodelos no LABTEC 3D

O NUTES-UEPB, Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde – NUTES da Universidade Estadual da Paraíba, tem atualmente como uma das suas vertentes de pesquisa as tecnologias tridimensionais com aplicabilidade à saúde. O desenvolvimento dos biomodelos em 3D auxilia os médicos e demais profissionais da saúde, nos seus procedimentos.

Atualmente, o processo de fabricação de biomodelos é arcaico não existe casos clínicos registrados eletronicamente. Os registros são realizados por meio do preenchimento de um formulário em forma manual em papel. Esta ficha contém as informações necessárias para a solicitação da fabricação do biomodelo tais como: Solicitante, número do CRM/CRO (conselho regional), Especialidade, hospital/Clínica, planejamento, paciente, idade do paciente, diagnóstico e região anatômica.

O armazenamento dos casos clínicos é realizado através de classificadores contendo a ficha de solicitação e a mídia do exame que vai gerar o biomodelo conforme mostrado na Figura 10. Sua identificação é feita pelo nome do médico que solicitou e do paciente, conforme figura abaixo:

**Figura 10** - Ficha de solicitação e termo de compromisso e a mídia do caso



Fonte: Autor da pesquisa

Um armário de arquivos contém todos os casos clínicos já realizados pelo LABTEC 3D

separados por gavetas e a busca de algo específico se torna uma atividade exaustiva, sendo necessário percorrer todos os casos para que encontrado o desejado. Não existe uma ordenação, tão pouco um identificador único para cada caso. A figura 11 abaixo mostra a forma de armazenando atual.

**Figura 11** – Arquivos dos casos clínicos



**Fonte:** Autor da pesquisa

Pelo fato de não está informatizado o processo de fabricação de biomodelos, se torna uma tarefa difícil o controle do status de onde se encontra, dentro do processo, cada caso clínico. Além de não ser possível rastrear a pessoa responsável pela atividade desempenhadas em cada etapa desde o início até o fim da fabricação.

A falta de registro eletrônico das etapas de fabricação, entretanto, tem inviabilizado a agilidade almejada. Sem uma solução informatizada, ficam comprometidos benefícios como: Otimização tempo de fabricação; Geração de controles mais apurados; Melhorias de segurança no processo; Criação de histórico de fluxo de todas as informações.

O LABTEC 3D tem parcerias com outros laboratórios de prototipagem no Brasil e Europa, os quais desempenham atividades relativamente parecidas no que se diz respeito a prototipagem rápida na fabricação de biomodelos para apoiar procedimentos cirúrgicos.

O fato de não ter as informações relacionadas aos biomodelos registradas eletronicamente, impossibilita a integração e interoperabilidade entre as instituições. O trâmite de informação não pode ocorrer, visto que as informações envolvidas no processo de fabricação não podem ser manipuladas.

Sem uma solução de integração e interoperabilidade entre os laboratórios, ficam comprometidos benefícios como: Intercambio de informação entre as instituições e criação de

uma massa de dados para pesquisa em biomodelos para apoio a procedimentos cirúrgicos.

## 5.6 Definições Dos Requisitos Funcionais e Não Funcionais

### 5.6.1 Requisitos da Ferramenta de Gestão

Para proporcionar diversas vantagens, destacando a interoperabilidade entre os sistemas de saúde, a Sociedade Brasileira de Informática e Saúde e o Conselho Federal de Medicina (SBIS/CFM) elaboraram o denominado Processo de Certificação de Software em Saúde (SBIS-CFM, 2008), que tem como principal objetivo utilizar padrões nacionais e internacionais de informação em saúde.

Os requisitos levantados do sistema devem estar de acordo com os requisitos mandatórios de estrutura para S-RES sugeridos pela SBIS/CFM, com a aplicação das normas e padrões na modelagem.

Para apoiar a semi-automatização do processo de fabricação de biomodelos do LABTEC 3D foi necessário realizar um levantamento de requisitos para atender os pontos relevantes na automatização.

Este processo foi realizado através de entrevistas juntos aos profissionais envolvidos e cada etapa de fabricação de biomodelos que compõem o quadro do LABTEC 3D. Segue abaixo a tabela dos requisitos funcionais resultante do levantamento referente software que prover o gerenciamento de fluxo dos processos para casos clínicos no LABTEC 3D:

**Tabela 2.** Requisitos Funcionais:

RF001	<b>Administrar sistema:</b> O usuário administrador, predefinido no sistema, pode fazer alterações nas suas informações, configurar os softwares ( <i>InVesalius</i> , <i>blender</i> , <i>MeshLab</i> etc.) que serão usados no processo de biomodelagem e gerenciar outros usuários.
RF002	<b>Cadastrar usuário:</b> Os usuários poderão fazer seu cadastro para acessarem a ferramenta.
RF003	<b>Autenticar usuário:</b> Autenticação dos usuários para acessarem a ferramenta. É necessária para que as informações relacionadas ao funcionário que está trabalhando em determinado caso clínico sejam mantidas.
RF004	<b>Gerenciar permissões:</b> O administrador do sistema poderá conceder permissões a usuários cadastrados para acesso a áreas restritas como, por

	exemplo, excluir casos clínicos ou informações referentes à eles.
RF005	<b>Cadastrar casos clínicos:</b> O usuário poderá cadastrar os casos clínicos. Quando uma requisição de biomodelo é requisitada no LABTEC 3D, o funcionário deverá inserir no software as informações referentes ao caso clínico relacionado à solicitação.
RF006	<b>Guardar status:</b> O sistema deve guardar em qual status o caso clínico em questão de encontra. O status de um caso clínico significa em qual parte do processo de prototipação ele se encontra, por exemplo, Tratamento das imagens, aguardando aprovação do cliente, etc.
RF007	<b>Verificar viabilidade:</b> O usuário irá informar se a demanda solicitada pelo cliente é viável. Quando um caso clínico não for viável, o usuário deve informar o motivo.
RF008	<b>Fazer tratamento de imagens:</b> Realização do tratamento de imagens pelo usuário. Ao iniciar o processo de tratamento das imagens o software abrirá o software ( <i>InVesalius</i> , ou outro) definido para realizar tratamento de imagens. Quando o software for fechado, o software perguntará se as imagens já estão prontas.
RF009	<b>Aprovar/Rejeitar imagens:</b> O usuário informará se as imagens tratadas foram aprovadas pelo cliente.
RF010	<b>Imprimir biomodelo:</b> O biomodelo será impresso pelo usuário.
RF011	<b>Verificar conformidade:</b> Após a impressão do biomodelo o usuário informará ao software se está em conformidade com as especificações.
RF012	<b>Enviar biomodelo:</b> Quando um biomodelo estiver impresso em conformidade com a especificação, deverá ser enviado para o endereço definido na solicitação. O usuário deve informar ao Form3D que o biomodelo foi entregue.
RF013	<b>Consultar histórico:</b> O usuário poderá visualizar informações referentes a cada caso clínico. O histórico é uma lista contendo informações como nome e horário, relacionadas a etapas do processo de biomodelagem.
RF014	<b>Configurar sistema:</b> O administrador pode alterar o fluxo de execução do sistema por meio de um arquivo jBPM. Um arquivo jBPM pode ser entendido como um diagrama, onde cada “caixinha” representa uma tarefa que deverá ser realizada em um determinado processo.
RF015	<b>Cadastrar softwares externos:</b> O administrador definirá quais softwares

	externos serão utilizados para realizar determinadas tarefas.
RF016	<b>Gerar relatórios:</b> O sistema permitirá a geração de relatórios referentes aos casos clínicos. Esses relatórios deverão conter dados estatísticos.
RF017	<b>Cadastrar imagens:</b> O usuário deverá informar no Form3D quais as imagens relacionadas com o caso clínico. Uma vez que o caso clínico tenha sido cadastrado no sistema, o usuário poderá cadastrar as imagens recebidas do cliente e associá-las ao caso clínico.
RF018	<b>Manter LOGS:</b> O sistema guardará os logs de acesso e das atividades feitas pelos usuários. Logs significa armazenar informações referentes às atividades importantes no sistema para possibilitar recuperação do sistema.

**Fonte:** Autor da pesquisa

Para solução também foi realizado o levantamento de requisitos não funcionais, conforme segue a baixo:

**Tabela 3.** Requisitos Não Funcionais:

RNF001	<b>Linguagem de programação:</b> A implementação do sistema deve utilizar a linguagem Java.
RNF002	<b>Banco de dados:</b> A implementação do sistema deve empregar o MySQL como servidor de banco de dados.
RNF003	<b>Metodologia de desenvolvimento:</b> Para a gestão e planejamento do desenvolvimento do sistema será feito uso da metodologia ágil SCRUM.
RNF004	<b>Ferramenta de gerenciamento de fluxo de trabalho:</b> Será feito uso do framework JBoss jBPM para execução dos processos.

**Fonte:** Autor da pesquisa

### 5.6.2 Requisitos da Interoperabilidade

Através de um levantamento realizado por entrevista, pode-se destacar alguns pontos relevantes para a criação e um arquétipo/*template* de biomodelo no processo de fabricação do LABTEC 3D. As informações levantadas se referem a biomodelos utilizados no planejamento em cirurgia bucomaxilofaciais.

Dentro das informações relevantes para um procedimento cirúrgico bucomaxilofaciais com o auxílio de um biomodelo foi destacado:

**Região anatômica** – Região na qual gerou as imagens para a fabricação do biomodelo. Nossa pesquisa está restrita aos procedimentos cirúrgicos bucomaxilofaciais.

Maxila (D, E ou Bilateral), Zigomático (D, E ou Bilateral), Nasal, Naso-órbito-etmoidal (D, E ou BL), Fronto-naso órbito-etmoidal (D, E ou BL), Mandíbula (Sínfise, Corpo, Ramo, Côndilo, Associações de uma ou mais, D, E ou BL), órbita (D, E ou BL), frontal, outro;

**Material** – Matéria prima usada na fabricação do biomodelo. Pode ser classificada em **Matéria-prima líquida**: Nessa modalidade encontram-se dispositivos que trabalham com a polimerização de resina líquida (utilizando lasers UV), jateamento de resina líquida (com processo similar ao existente em impressoras à jatos de tinta convencionais), além da cura desta resina, ante a exposição de luz UV; **Matéria-prima sólida**: Neste caso os processos são mais simples, ocorrendo a fusão do material antes da confecção de cada camada (fusão de filamentos, lâminas, entre outros), ou os que recortam a lâminas do material selecionado e **Matéria-prima em pó**: funciona utilizando exposição do pó à lasers, ou aglutinantes, o qual, na segunda opção também possui similaridade à impressão jato de tinta.

**Resolução da imagem** - Qual a resolução em DPI (*dots per inch*) medida de densidade relacionada à composição de imagens, que expressa o número de pontos individuais que existem em uma polegada linear na superfície onde a imagem é apresentada.

**Software** – Qual software usado na manipulação das imagens para gerar malha de representação 3D do biomodelo.

**Imagens do biomodelo impresso** – Fotos do resultado do biomodelo impresso.

Os pontos acima foram relacionados ao biomodelo em si, alguns pontos referentes ao procedimento cirúrgico bucomaxilofaciais também foram destacados como importantes no mapeamento as informações clínicas, tais como:

- Tipo da cirurgia – Qual o tipo da cirurgia que o biomodelo foi solicitado, trauma, lesões ou sequelas.
- Enxertos – Caso houve ou não a necessidade de enxerto no procedimento cirúrgico;
- Reconstruções – Caso houve ou não a necessidade de reconstrução no procedimento cirúrgico;
- Espelhamento – Caso houve ou não a necessidade de espelhamento no procedimento cirúrgico;

## 5.7 Modelagem da Solução

### 5.7.1 Modelagem da Ferramenta

Para atender os objetivos de registro por meio eletrônico, controlar e rastrear casos

clínicos no processo de fabricação de biomodelos no LABTEC 3D foi proposto o desenvolvimento de uma ferramenta computacional para gerenciar o fluxo de produção.

A ferramenta de gestão proposta é uma aplicação desktop, que roda diretamente na máquina do usuário, sendo necessária a instalação prévia do programa para que possam ser executados. O Software será instalado nos próprios computadores do laboratório e não existindo um servidor externo.

A linguagem de programação adotada para o desenvolvimento do software foi a Java. Linguagem de programação orientada a objeto amplamente utilizado no mercado.

A arquitetura do software foi definida em três camadas:

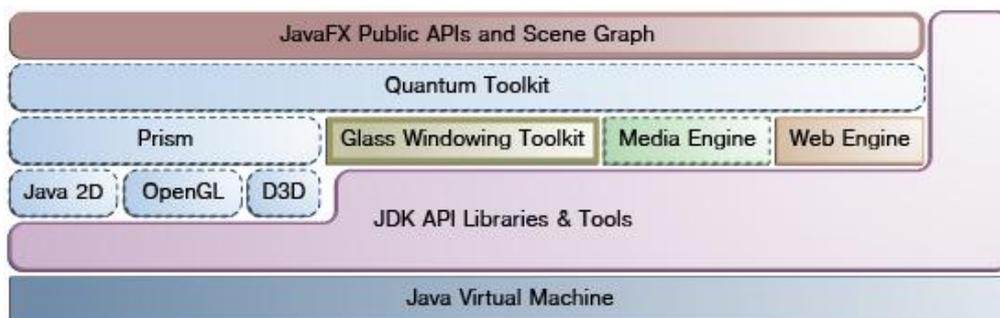
**Camada de Apresentação:** Camada que trata a parte de interface gráfica. Quando se refere a interface gráfica, é referenciado à parte de botões, de janelas, de formulários, de *Textbox*, de *Label*, de *Combobox*, ou seja, refere-se à parte visível, a parte do sistema a qual o usuário interage e se comunica com o mesmo.

Para camada de apresentação foi usado o framework *JavaFX* que é um conjunto avançado de gráficos e pacotes de mídia que permite aos desenvolvedores projetar, criar, testar, depurar e implantar aplicações.

A arquitetura do *JavaFX* é composta por vários elementos que fornecem uma ampla variedade de funcionalidades, como gráficos, animações e recursos multimídia. Esses componentes disponibilizam uma maneira transparente e versátil de projetar interfaces com diversos eventos, efeitos e diferentes modos de customização do layout.

As camadas da arquitetura são apresentadas na figura 12 abaixo. Nela pode-se verificar os níveis que estão mais próximos ao usuário até as bibliotecas de renderização: Java 2D, OpenGL e D3D, mais próximas à JVM e aos recursos da máquina.

**Figura 12** – Arquitetura do JavaFX



Fonte: JavaFX

**Camada de Negócios:** Camada responsável pela lógica de negócios do sistema. Não é

uma camada visível, como as camadas de apresentação e aplicação. É a camada que contém a lógica de como o sistema trabalha como o negócio transcorre.

Na camada de negócios para fazer o controle de workflows no processo de fabricação o framework jBPM na versão 6.2.0. O jBPM aborda a modelagem de processos através da linguagem Java, facilitando muito o desenvolvimento de processos que envolvem cumprimento de tarefas, envio de e-mails e tomada de decisões. O jBPM possui uma estrutura de nomenclatura em que os responsáveis por cada passo da execução são chamados de atores.

**Camada de Persistência:** Camada responsável por salvar o estado do objeto na base de dados. As operações básicas de uma camada de persistência são conhecidas como CRUD (*Create, Read, Update e Delete*). A camada de persistência deve fazer essas operações de forma transparente para a aplicação.

Para a camada de persistência foi utilizado o *framework hibernate* versão 4.2. O *Hibernate* é um framework ORM - Object Relational Mapping. É uma ferramenta que ajuda a persistir objetos Java em um banco de dados relacional. Ficando para o desenvolvedor a tarefa de definir como os objetos são mapeados nas tabelas do banco e o *Hibernate* faz todos os acessos ao banco, gerando inclusive os comandos SQL necessários.

### 5.7.2 Modelagem da Interoperabilidade

A solução proposta nesse estudo é composta por duas partes bem distintas. A primeira, descrita anteriormente, correspondo ao desenvolvimento de uma ferramenta de gerenciamento do processo de fabricação. A segunda parte da solução é a representação das informações médicas do biomodelo, conforme apresentado nessa seção.

Para atender o objetivo de criar a infraestrutura para poder interoperar informações referente a casos clínicos entres os laboratórios da federação LABTEC 3Ds foi proposto a utilização da metodologia *openEHR*. Organização no qual o objetivo é transformar em realidade prontuários eletrônicos interoperáveis, permitindo que informações estejam disponíveis no universo da saúde. Para atingir este objetivo, foi proposto uma série de padrões, centrados no conceito de arquétipos.

A perspectiva de reutilização de conhecimento clínico bem especificado e validado por diversas organizações é a maior motivação para adoção de arquétipos na construção de aplicações.

A arquitetura de uma aplicação baseada em arquétipos depende principalmente da estratégia usada para desenvolver a interface da aplicação. Uma vez que arquétipos e

*templates* modelam conceitos clínicos computacionalmente processáveis.

O padrão de arquétipos dá suporte a várias estruturas de dados complexas. Além das estruturas simples, como booleanos, números inteiros, datas, etc, estruturas mais complexas como clusters, que são agrupamentos de múltiplas estruturas de dados, *duration*, que representam durações de tempo, e *sections*, que representam seções nas fichas clínicas, também estão disponíveis. Tornando o padrão robusto suficiente para atender ao requisito de mapeamento das informações clínicas do biomodelo fabricado no LABTEC 3D

## **5.8 Implementação da Solução**

### **5.8.1 Desenvolvimento da Ferramenta**

#### **5.8.1.1 Processo de desenvolvimento**

Para a implementação do software foi utilizado uma metodologia de desenvolvimento ágil, o SCRUM conforme descrito nos capítulos anteriores. A fase de planejamento contou com o levantamento dos requisitos e separação das tarefas em casos de uso.

Conforme a metodologia determina, foi realizada a reunião de *Sprint Planning* que é uma reunião de curta duração, e tem como objetivo planejar o trabalho da equipe durante o Sprint. O dia em que ocorre a reunião de Sprint Planning é considerado o primeiro dia do Sprint. Nesta reunião, participam somente as pessoas comprometidas com a entrega. Pessoas interessadas ou especialistas no negócio podem ser convocadas à reunião pontualmente, entretanto devem se retirar após responder os questionamentos ou prestar os esclarecimentos devidos.

Como resultado dessa reunião é gerado o *Sprint Backlog* onde foram priorizados todos os requisitos que devem ser entregues em cada Sprint. Este trabalho foi realizado de forma colaborada, com a participação de toda a equipe. É recomendável manter as tarefas num nível de granularidade suficiente para admitir tarefas de 4 ou 8 horas, o que equivale a no máximo 1 dia de trabalho.

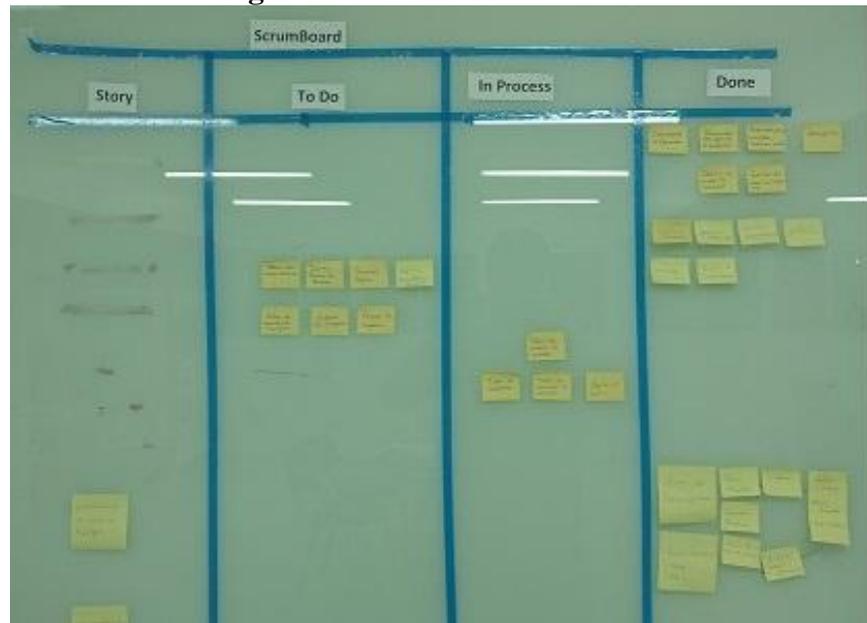
O projeto para desenvolvimento do software foi dividido em quatro *Sprints* com duração de quinze dias cada uma delas. Segue abaixo a tabela que resultou na priorização dos requisitos, resultado da fase de planejamento.

**Tabelas 3:** Prioridade dos requisitos por *Sprints*

<b>Primeira Sprint:</b>	RF002 – Cadastrar usuário
	RF003 – Autenticar usuário
	RF005 – Cadastrar casos clínicos
	RF006 – Guardar status
	RF007 – Verificar viabilidade
<b>Segunda Sprint:</b>	RF008 – Fazer tratamento das imagens
	RF009 – Aprovar/Rejeitar imagens
	RF010 – Imprimir biomodelo
	RF011 – Verificar conformidade
	RF012 – Enviar biomodelo
<b>Terceira Sprint:</b>	RF001 – Administrar sistema
	RF004 – Gerenciar permissões
	RF013 – Consultar histórico
	RF014 – Configurar sistema
	RF015 – Cadastrar softwares externos
<b>Quarta Sprint:</b>	RF016 – Gerar relatórios
	RF017 – Cadastrar imagens

Durante a etapa de desenvolvimento foi usada a prática do uso do *SCRUM board*, onde as tarefas ficaram visíveis e facilitou o a atualização do status do andamento de cada Sprint.

**Figura 13 - SCRUM Board**



**Fonte:** Próprio autor da pesquisa

O SCRUM *board* é composto por 4 colunas, no qual a primeira representa quais *stories* serão atendidas naquela *Sprint*; A segunda corresponde a o que será feito para aquela *sprints* (*To do*); A terceira representa qual *story* está em desenvolvimento naquele momento (*In process*) e pôr fim a última coluna que define o que já foi concluído para aquela *story* (*Done*).

#### 5.8.1.2. Especificação dos Casos de Uso

Após a realização do levantamento de requisitos foram especificado os casos de usos para o desenvolvimento do software. A estrutura dos casos de usos foi definida pelo SCRUM conforme segue abaixo. Os demais casos de usos se encontram na seção anexos 1.

##### CDU1. Administrar sistema

- a. **Descrição:** O administrador irá configurar software externo para ser iniciado pela ferramenta.
- b. **Ator:** Administrador.
- c. **Precondições:** O usuário deve estar autenticado como administrador. O Form3D deve estar aberto na tela principal.
- d. **Fluxo de eventos:**
  - i. O administrador seleciona a opção de configurações;
  - ii. O sistema exibe a tela de configurações;
  - iii. O administrador seleciona a opção de editar softwares externos;
  - iv. O sistema exibe os softwares configurados e suas respectivas descrições;

- v. O administrador seleciona o software e clica na opção configurar software;
- vi. O sistema abre a tela para o administrador localizar o software instalado no computador;
- vii. O administrador identifica o software;
- viii. O sistema salva o novo software.

### 5.8.1.3. A ferramenta

O software desenvolvido para gestão do fluxo de fabricação de biomodelos atende um requisito de ser configurável de acordo com a fluxograma das etapas de fabricação.

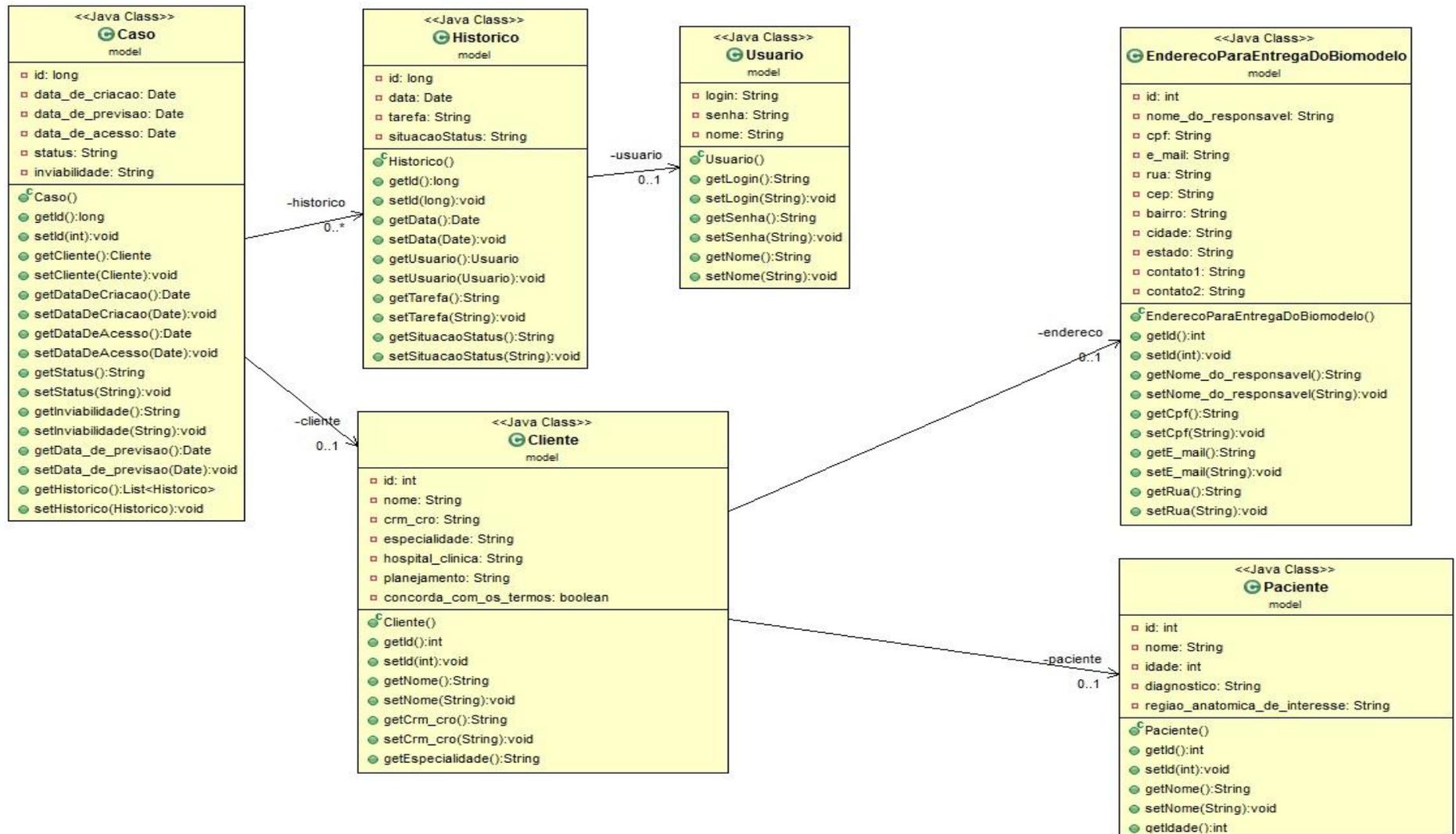
Uma vez que o fluxograma foi elaborado com base nos processos exigidos pelo LABTEC 3D na confecção dos biomodelos e seguindo a especificação do framework jBPM, o Form3D passa a gerenciar as etapas realizadas pelos pesquisadores envolvidos nestes processos. Após a conclusão de uma tarefa, o software encaminha o usuário para a próxima, ou seja, o software define a tarefa como concluída para que na próxima vez que o usuário voltar ao software para continuar seu trabalho seja então encaminhado a próxima etapa.

Antes esse gerenciamento se dava de forma manual fazendo uso de um quadro de anotações disponível no LABTEC 3D e usando um editor de texto do computador para que pesquisadores pudessem acompanhar e registrar o andamento dos casos clínicos.

Com o software desenvolvido, as informações estão armazenadas em uma base de dados e estão acessíveis aos pesquisadores por meio dos computadores que possuem o software instalado. As classes são elementos fundamentais na composição de softwares orientados a objetos. A definição das classes e dos relacionamentos irá compor os diagramas de classes do sistema.

O diagrama de classes da Figura 14 apresenta o relacionamento entre as classes modelo do sistema, tendo como destaque a especialização e os relacionamentos envolvidos.

Figura 14 - Diagrama de Classes da Camada Model



Fonte: Próprio Autor da pesquisa

### 5.8.1.3.1. Autenticação

Atendendo o requisito de autenticar o usuário o software se inicializa com uma tela de autenticação, onde é necessário ter um *login* e senha para poder acessar o sistema. O administrador do software tem o controle de todos os usuários e os perfis de acesso de cada um. A autenticação é obrigatória para todos os diferentes usuários. Quando um novo usuário se cadastra no sistema é definido automaticamente como sendo usuário Comum.

**Figura 15** - Tela de autenticação do sistema



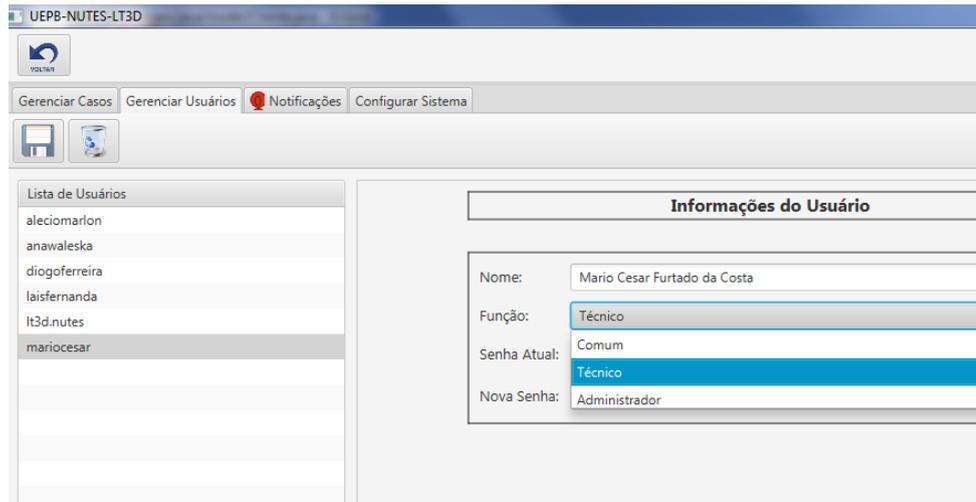
Fonte: Captura de tela do sistema

Os usuários são classificados em:

- Comum – Tendo acesso ao histórico dos casos clínicos e podendo visualizar em qual etapa do processo se encontram;
- Técnico – Pesquisadores designados a realizar as tarefas do processo
- Administrador – Responsável por atribuir permissões aos usuários, fazer alterações nos casos clínicos e configurações no software.

Desse modo o administrador tem o poder de designar responsabilidades aos respectivos usuários. A **Figura 16** - Tela de atribuição de permissões representa a captura da tela do Form3D que gerencia os tipos de usuários.

**Figura 16** - Tela de atribuição de permissões



Fonte: Captura de tela do computador

#### 5.8.1.3.2. Histórico das etapas

Além do requisito de autenticação outro fator importante para a segurança do Form3D é a questão do registo de *logs*, uma expressão utilizada para descrever o processo de registo de eventos relevantes num sistema.

Sempre que uma atividade é executada por algum usuário autenticado, registra-se qual usuário a realizou, o horário, o que foi feito e se foi concluída. Antes do software, essas informações eram registradas em um bloco de notas, sendo necessário inseri-las manualmente todas as vezes que uma atividade era realizada. As referidas informações são apresentadas aos usuários como ilustra a Figura 17.

**Figura 17** - Tela de histórico de um caso clínico

Informações Adicionais			
Data	Usuário	Tarefa	Situação do Status
04/05/2016 14:57:35	Diogo Ferreira Câmara	Foi feito o cadastro do caso clínico no sistema	Solicitação aprovada

Fonte: Captura de tela do computador

As informações de logs podem ser acessadas via o software e ficam registradas na base de dados, onde não podem ser violadas por questão de segurança.

### 5.8.1.3.3. Visualização da situação dos casos clínicos

A tela inicial do Form3D exibe todos os casos clínicos que estão sendo trabalhados, assim os usuários podem identificar as atividades realizadas e as que ainda estão pendentes. Essas informações antes vistas em um quadro, agora passam a estar disponíveis direto nos computadores usados pelos profissionais que trabalham para confeccionar os biomodelos. Na Figura 18 é exibido a tela inicial com os casos clínicos que estão em andamento. As informações ilustradas na Figura 18 foram passadas dos formulários de solicitação, de casos clínicos antigos que já existiam no LABTEC 3D, para o Form3D.

**Figura 18** - Tela principal do Form3D

Protocolo	Nome do Médico	Pesquisador Responsável	Data da solicitação	Previsão da Cirurgia	Data e Hora de Acesso	Status
1		Alicio	31/08/2015		04/05/2016 16:17:09	Aguardando finalização do tratamento das imagens
2		Alicio	07/04/2014		04/05/2016 14:43:02	Solicitação aprovada
3		Alicio	01/07/2014		04/05/2016 14:51:58	Solicitação aprovada
4		Alicio	01/08/2014		04/05/2016 14:57:35	Solicitação aprovada
5		Alicio	28/02/2014		04/05/2016 15:08:06	Solicitação aprovada
6		S/N	02/10/2014		04/05/2016 15:14:38	Solicitação aprovada
7		S/N	15/05/2013		04/05/2016 16:03:56	Solicitação aprovada
8		S/N	28/05/2014		04/05/2016 16:08:53	Solicitação aprovada
9		S/N	19/10/2013		04/05/2016 16:14:36	Solicitação aprovada
10		S/N	29/06/2015		04/05/2016 16:22:17	Solicitação aprovada
11		S/N	19/10/2015		04/05/2016 16:26:41	Solicitação aprovada
12		S/N	01/10/2015		04/05/2016 16:30:05	Solicitação aprovada

Fonte: Captura de tela do computador

Depois da conclusão do software foi realizado uma capacitação com os pesquisadores e técnicos do LABTEC 3D (Apresentação do software)<sup>1</sup>. Na ocasião, os pesquisadores levantaram questionamentos sobre diferentes situações que os dados armazenados pelo software poderiam ser usados. Foi ressaltado o fato de permitir análises estatísticas, análise de desempenho das tarefas, melhoria nos processos envolvidos na prototipagem. Também houve destaque a importância de manter os dados em um local de fácil acesso e menos suscetível a perda comumente ocasionada pelo desgaste do papel.

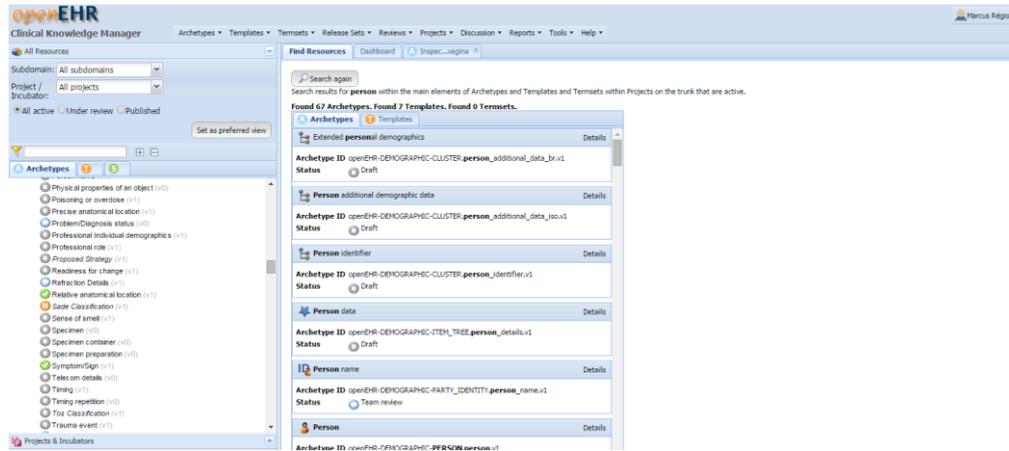
### 5.8.2 Desenvolvimento do Mapeamento das Informações Clínicas

Para o desenvolvimento do registro das informações clínicas foi adotado a metodologia openEHR. Com base no levantamento dos requisitos efetuado, pode verificar a disponibilidade e baixar do repositório CKM (*Clinical Knowledge Manager*) arquétipos que representam tais conceitos. Além de um repositório que disponibiliza arquétipos, *templates* e outros artefatos *openEHR*, o CKM é também um sistema para o desenvolvimento colaborativo, gerenciamento e publicação desses artefatos.

A Figura 19 exhibe a tela de busca por arquétipos, sendo que o arquétipo buscado foi o de Pessoa (*openEHR-DEMOGRAPHIC-PERSON.person.v1*).

**Figura 19** – CKM - *Clinical Knowledge Manager*

<sup>1</sup> Disponível em <https://drive.google.com/open?id=0BwNjFW3ZgBPVaTZJTHVBekNXeEE>

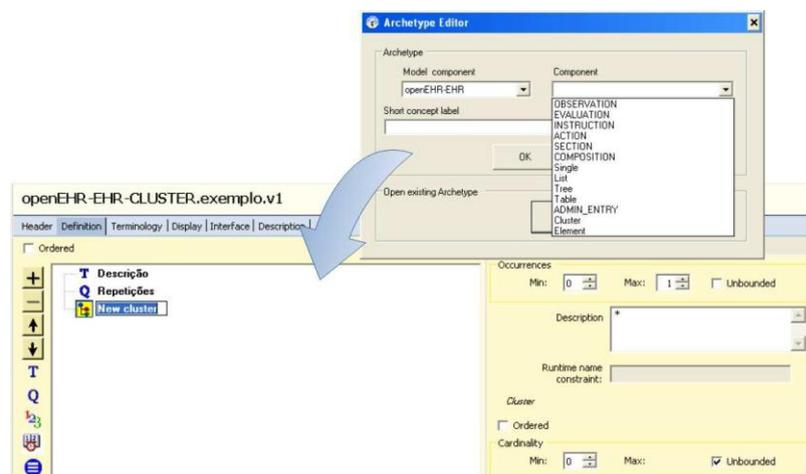


Fonte: CKM

### 5.8.2.1. Criação dos Arquétipos

Caso os arquétipos identificados não estejam disponíveis no CKM, o responsável pela modelarem dos arquétipos tem a possibilidade de especificá-los com o auxílio do *Archetype Editor* ou de outro editor de texto. A Figura 20 ilustra o uso dessa ferramenta onde o engenheiro, sob orientação do especialista do domínio, seleciona o tipo de arquétipo a ser criado (e.g., *CLUSTER*, *COMPOSITION*, *OBSERVATION*) e define a árvore de elementos pertencentes ao conceito, seus relacionamentos com codificações de terminologia, sua descrição e as demais informações necessárias à especificação do arquétipo.

**Figura 20** – Archetype Editor



Fonte: Captura de tela da ferramenta

A partir dos requisitos obtidos pelos profissionais de domínio da saúde envolvidos no processo de fabricação do biomodelo no LABTEC 3D, uma série de arquétipos foram criados com o auxílio da ferramenta *Archetype Editor* Versão 2.2.905 Beta. Para contemplar todas as

informações médicas necessárias do biomodelo dentro do modelo de referência proposto pelo *OpenEHR* foi preciso a criação dos seguintes arquétipos:

## Paciente

*Entity:* OBSERVATION

<i>Concept description:</i>	<i>Identification:</i>
Dados do paciente.	<i>Id:</i> openEHR-EHR-OBSERVATION.paciente.v1 <i>Reference model:</i> openEHR_EHR
<i>Purpose</i>	<i>Use</i>
Representação dos dados demográficos de um paciente.	Usado em serviço demográficos para coletar os dados de um paciente.

## Atributos

*Structure:* Tree

<i>Concept</i>	<i>Description</i>	<i>Constraints</i>	<i>Values</i>
<b>T</b> Nome do paciente	Nome do Paciente	<b>Text</b> 0..1	Text;
<b>123</b> Idade do paciente	Idade do paciente	<b>Count</b> 0..1	0..160

## Região Anatômica

*Entity:* OBSERVATION

<i>Concept description:</i>	<i>Identification:</i>
Região Anatômica que gerou o biomodelo	<i>Id:</i> openEHR-EHR-OBSERVATION.regiao_anatomica.v1 <i>Reference model:</i> openEHR_EHR
<i>Purpose</i>	<i>Use</i>
Região Anatômica que gerou o biomodelo	Usado para identificar qual região anatômica o biomodelo se refere

## Atributos

Structure: Tree

Concept	Description	Constraints	Values
<b>T</b> Região Anatômica	Região Anatômica	<b>Text</b> 0..1	Text;
<b>T</b> Lateralidade	Lateralidade	<b>Text</b> 0..1	Internal; 'Esquerda', 'Direita', 'Bilateral'

## Material

Entity: OBSERVATION

<i>Concept description:</i>	<i>Identification:</i>
Material usado para gerar o Biomodelo	<i>Id:</i> openEHR-EHR-OBSERVATION.material.v1 <i>Reference model:</i> openEHR_EHR
<i>Purpose</i>	<i>Use</i>
Representa o tipo do material usado no biomodelo	Usado para definir qual tipo do material

## Atributos

Structure: Tree

Concept	Description	Constraints	Values
 <b>Material</b>	Material do biomodelo	<b>Text</b> <hr/> <b>Text</b> 0..1	Internal; 'Matéria-prima líquida', 'Matéria sólida', 'Matéria -prima em pó' <hr/> Text;

## Resolução imagem

Entity: OBSERVATION

<i>Concept description:</i>	<i>Identification:</i>
Unknown	<i>Id:</i> openEHR-EHR-OBSERVATION.resolucao_imagem.v1 <i>Reference model:</i> openEHR_EHR
<i>Purpose</i>	<i>Use</i>
Qual a resolução em DPI (dots per inch) medida de densidade relacionada à composição de imagens	Usado para expressar o número de pontos individuais que existem em uma polegada linear na superfície onde a imagem é apresentada.

## Atributos

Structure: Tree

Concept	Description	Constraints	Values
<b>123</b> Resolução da imagem	Resolução da imagem	<i>Coun</i> 0..1	0..*

## Software

Entity: OBSERVATION

<i>Concept description:</i>	<i>Identification:</i>
Software	<i>Id:</i> openEHR-EHR-OBSERVATION.software.v1 <i>Reference model:</i> openEHR_EHR
<i>Purpose</i>	<i>Use</i>
Qual software usado na manipulação das imagens para gerar a malha de representação do biomodelo.	Usado para identificar qual software foi usado na manipulação das imagens

## Atributos

Structure: Tree

Concept	Description	Constraints	Values
<b>T</b> Software	Software	<i>Text</i> 1..1	Text;

## Multimídia

*Entity:* OBSERVATION

<i>Concept description:</i>	<i>Identification:</i>
Imagens do biomodelo após a impressão	<i>Id:</i> openEHR-EHR-OBSERVATION.multimedia.v1 <i>Reference model:</i> openEHR_EHR
<i>Purpose</i>	<i>Use</i>
Registrar a imagem do biomodelo após a impressão	Usado para criar uma galeria de fotos do biomodelo após a impressão

### Atributos

*Structure:* Tree

<i>Concept</i>	<i>Description</i>	<i>Constraints</i>	<i>Values</i>
 <b>Multimídia</b>	Multimedia representation of the clinical observation or finding.	<b>MultiMedia</b> 0..10	
<b>T</b> <b>Título</b>	Título da imagem	<b>Text</b> 0..1	Text;
<b>T</b> <b>Descrição</b>	Descrição da imagem	<b>Text</b> 0..1	Text;
 <b>Data</b>	Data da imagem	<b>DateTime</b> 0..1	Allow all

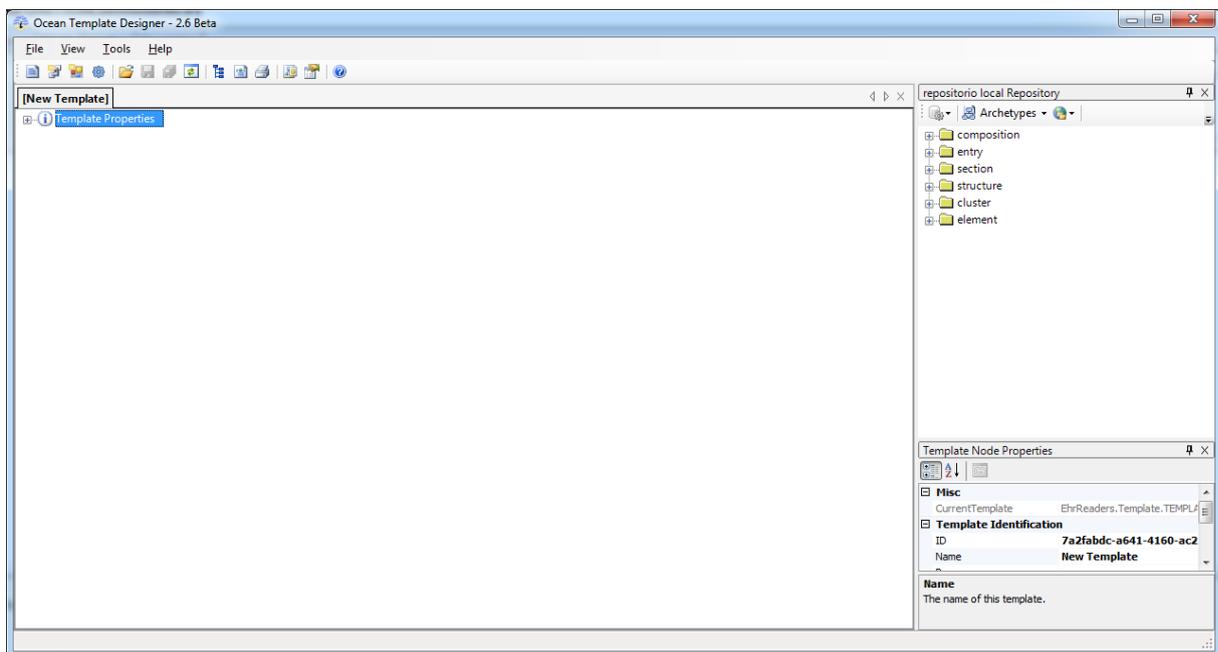
Depois do desenvolvimento dos arquétipos referentes a cada informação relevante foi criado um arquétipo de *Composition*. A princípio, verificou-se que seria criado um arquétipo temático chamado “Biomodelo”, e este por sua vez, acomodaria os arquétipos de entrada (*Entries*) com os elementos de dados. Esses *Entries* são os componentes citados acima cuja características são: moduláveis, pequenos e baseados em conceitos específicos, visando maior flexibilidade de reutilização.

Existem duas maneiras para modelar o *composition*: inserindo os *Entries* diretamente no corpo da *composition* ou utilizando o recurso “*slot*”, que permite a agregação dos arquétipos para formação de estruturas compostas, A última opção foi escolhida visando maior reutilização dos conceitos e o arquétipo openEHR-EHR-COMPOSITION.biomodelo.v1 foi criado.

Partindo do *composition* foi criado o *template* significado mais avançado na construção dos modelos que representa o biomodelo, estes é composto de um ou mais arquétipos onde acrescentamos restrições necessárias ao uso destes arquétipos em um cenário particular.

O *template* Biomodelo.oet foi criado utilizando a ferramenta *Template Designer* versão 2.6.1.214 Beta, ferramenta open *source* desenvolvida pela empresa *Ocean informatics*. A figura 21 demonstra a interface gráfica da ferramenta.

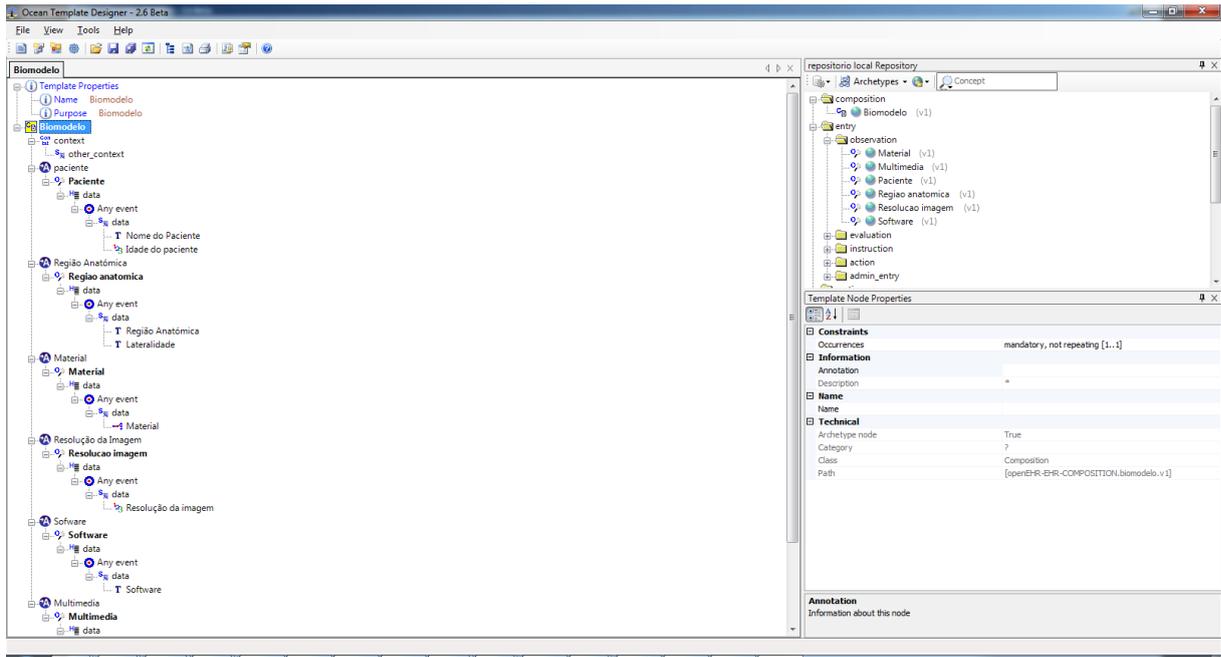
**Figura 21** – *Ocean Template Designer*



**Fonte:** Tela capturada do Ocean Template Designer

A figura 21 mostra o *template* biomodelos sendo editado na ferramenta, o *Template Designer* é usado em contextos de produção para gerar artefatos de software, incluindo objetos do modelo de dados (TDOs), que são de programação, e também Modelo de Dados esquemas (TDS), que são esquemas XML que definem uma carga XML que pode ser usada em uma mensagem, ou outro documento de comunicação. Estes artefatos permitem que os desenvolvedores de softwares possam fazer uso imediato modelos semânticos *openEHR* para construir e implementar software.

**Figura 22** – *Ocean Template Designer*



Fonte: Tela capturada do *Ocean Template Designer*

### 5.8.2.2. OpenEHR no Form3D

Com base nos arquétipos criado foi necessário implementar a arquitetura proposta pelo *OpenEHR*, compreende definir em detalhes quais as intervenções necessárias no Form3D que compõem o escopo de interoperabilidade para torná-los aptos a interoperar. Esta etapa foi cumprida com respeitando a arquitetura proposta pela plataforma OpenEHR para adaptar a solução de interoperabilidade.

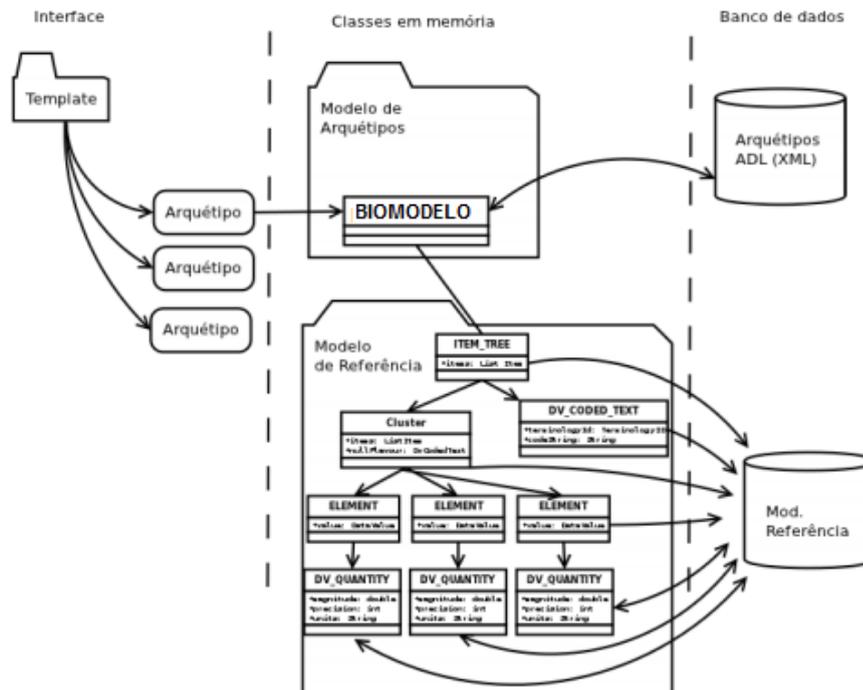
A ferramenta interage com a plataforma *openEHR* via *virtual EHR (vEHR) API*, Linguagem de Consulta Arquetipada (*Archetype Query Language - AQL*) e *XML*, independentemente de qual implementação é utilizada. Os modelos openEHR podem ser efetivamente usados para construir a captura de dados, visualização e consulta dos formulários para as aplicações.

O modelo de serviços do *OpenEHR* inclui definições de serviços básicos no ambiente do sistema em saúde, centrados no *EHR*. São eles: *Virtual EHR*, Modelo de Serviço de Registro Eletrônico ou *EHR Service Model*, Serviço de Arquétipos e Serviço de Terminologias e Workflow. O *virtual EHR* e o *EHR Service Model* definem a interface aos dados do *EHR*, no nível das *compositions*. Eles permitem que a aplicação crie novas informações e modifique o *EHR* através das requisições a partes de algum registro existente. Estes serviços habilitam a manipulação dos dados.

Os dados a serem efetivamente persistidos são representados em memória através de uma estrutura. Essa estrutura é composta por partes do modelo de referência.

A implementação constitui em duas partes: parte do Form3D com a tela de interface e a implementação do OpenEHR. A interface deve incluir a implementação do OpenEHR como uma biblioteca, ler os arquivos de arquétipos, gerar formulários de entrada dos dados de pacientes. Primeiramente para se ter a representação de um arquétipo em memória é preciso olhar no modelo de referência quais são as classes que podem compor os arquétipos.

**Figura 23** – Modelo de Referência



**Fonte:** Próprio Autor

O padrão *OpenEHR* prevê ainda, entre vários requisitos, a necessidade de um *parser ADL*, que transforma automaticamente arquétipos em ADL (*archetype description language*) para o formato de objetos na memória. Para realizar o caminho inverso (de objetos para ADL), torna-se necessário implementar um *serializador ADL*, que parte dos arquétipos no formato AOM da memória, para a representação textual em ADL.

## 5.9 Validar solução implementada

Os casos clínicos já produzidos anteriormente pelo LACTEC 3D e novos casos que surgiram após a implantação da ferramenta foram registrados eletronicamente. Todos os casos clínicos nos quais o LACTEC 3D trabalhou anteriormente foram registrados no Form3D, com

isso a ferramenta dá suporte para gerar relatórios e extrair informações relevantes a massa de dados dos casos clínicos.

Atualmente estão registrados 42 casos referentes a casos clínicos anteriormente a implantação da ferramenta, a figura 24 a seguir mostra a tela com o histórico dessa informação, hoje em dia com a implementação da solução desse trabalho informações como tempo e histórico de cada caso clínico se torna visível, fato que anteriormente ao desenvolvimento dessa pesquisa era impossível de se obter.

**Figura 24 – Tela principal do Form3D**

The screenshot shows the main interface of the Form3D application. At the top, there is a navigation bar with icons for 'Novo Caso', 'Configurações', 'Backup', 'Restore', and 'Ajuda'. Below this is a search bar with the text 'Mostrar todos' and a search icon. A progress indicator with 10 steps is visible. The main area contains a table titled 'Lista de Casos' with the following data:

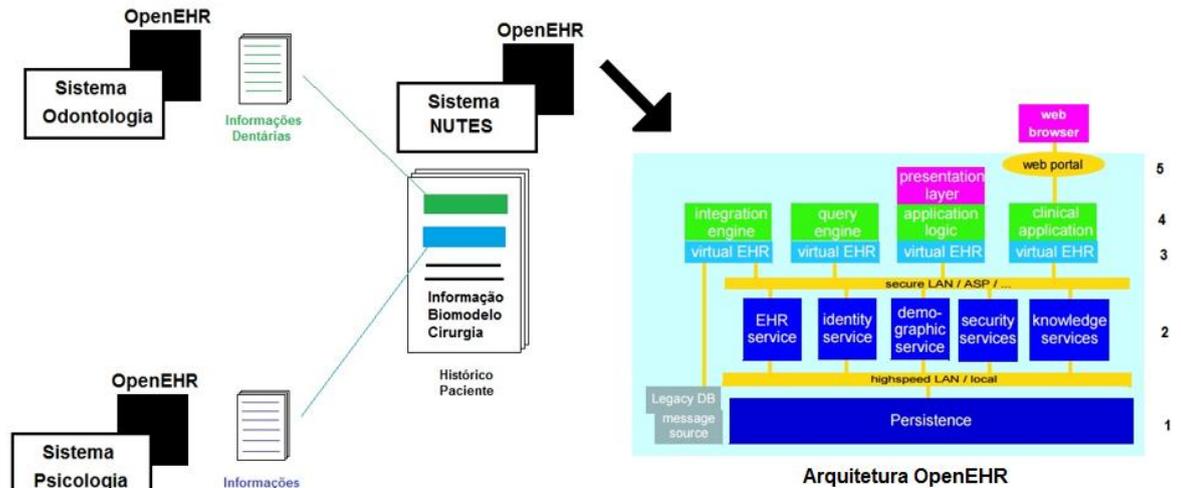
Protocolo	Nome do Médico	Pesquisador Responsável	Data da solicitação	Previsão ...	Status
1	Rafael Grotta Gempel	Alecio Marlon Pereira Diniz	31/05/2015		Aguardando para enviar as imagens tratadas
2	Riadel Frota	Alecio Marlon Pereira Diniz	25/03/2013		Solicitação aprovada
3	Sérgio Charifker	Alecio Marlon Pereira Diniz	05/10/2013		Solicitação aprovada
4	Fernando Antonio Portela da Cunha Filho	Alecio Marlon Pereira Diniz	30/10/2013		Solicitação aprovada
5	Tony Santos Peixoto	Alecio Marlon Pereira Diniz	04/06/2014		Solicitação aprovada
6	Stephanny Torres dos Santos	Alecio Marlon Pereira Diniz	27/07/2015		Solicitação aprovada
7	Rodrigo Toscano de Brito	Alecio Marlon Pereira Diniz	08/07/2015		Solicitação aprovada
8	Stephanny Torres dos Santos	Alecio Marlon Pereira Diniz	20/07/2015		Solicitação aprovada
9	José Renato de Queiroz	Alecio Marlon Pereira Diniz	01/06/2015		Solicitação aprovada
10	Tanisa Carla Toscano Viana	Alecio Marlon Pereira Diniz	08/04/2015		Solicitação aprovada
11	Renata Quirino de Almeida Barros	Alecio Marlon Pereira Diniz	11/11/2014		Solicitação aprovada
12	Renata Quirino de Almeida Barros	Alecio Marlon Pereira Diniz	22/06/2015		Solicitação aprovada
13	Rodrigo Toscano de Brito	Alecio Marlon Pereira Diniz	02/06/2015		Solicitação aprovada
14	José Lacet de Lima Junior	Alecio Marlon Pereira Diniz	18/11/2013		Solicitação aprovada
15	Tony Santos Peixoto	Alecio Marlon Pereira Diniz	29/07/2014		Solicitação aprovada
16	André Vajgel Fernandes	Ana Waleiska Pessoa Barros	23/06/2014		Solicitação aprovada
17	Elizanete de Souza Ramalho	Ana Waleiska Pessoa Barros	22/07/2014		Solicitação aprovada
18	André Vajgel Fernandes	Ana Waleiska Pessoa Barros	03/03/2015		Solicitação aprovada
19	Camilla Lins Vieira	Ana Waleiska Pessoa Barros	23/01/2015		Solicitação aprovada
20	Tony Santos Peixoto	Ana Waleiska Pessoa Barros	17/07/2014		Solicitação aprovada
21	Tony Santos Peixoto	Ana Waleiska Pessoa Barros	17/10/2014		Solicitação aprovada
22	Roberto Pinheiro	Ana Waleiska Pessoa Barros	09/09/2015		Solicitação aprovada
23	Rafael Grotta Gempel	Ana Waleiska Pessoa Barros	20/01/2015		Solicitação aprovada
24	Renata Quirino de Almeida Barros	Ana Waleiska Pessoa Barros	29/01/2015		Solicitação aprovada
25	André Vajgel Fernandes	Ana Waleiska Pessoa Barros	06/06/2015		Solicitação aprovada
26	Roberto Pinheiro	Ana Waleiska Pessoa Barros	23/03/2015		Solicitação aprovada

Fonte: Captura de tela do computador

Apenas um caso foi registrado após a implantação da solução e pode ser monitorado em qual etapa dentro do processo de fabricação eles se encontram. Dessa forma o controle e o rastreamento das informações ficam visíveis e dá suporte a informações que podem ser extraídas relacionadas ao caso clínico. A figura 25 a seguir mostra como estão disponíveis as informações para monitoramento dos casos clínicos. Pode ser verificado na barra de status que o caso clínico em questão está com status: “aguardando o para enviar as imagens tratadas”, etapa 4 dentro do fluxo completo de fabricação.



**Figura 26** – Modelo de Referência Arquitetura da solução específica



Fonte: Proprio Autor

A numeração à direita da arquitetura OpenEHR se referem às suas camadas, que são descritas a seguir.

1. Persistência: Camada responsável pelo armazenamento de dados.
2. Camada de serviços back-end: incluindo EHR, demografia, terminologia, arquétipos, segurança, registro local, e assim por diante. Nesta camada, a separação dos diferentes serviços é transparente.
3. EHR virtual: Nível que corresponde ao middleware que é o conjunto de APIs para acessar os diferentes serviços de back-end tais como: identity service, demographic service, security service e knowledge service. Outro elemento desse nível é o kernel de arquétipo e templates, componente responsável por criação e processamento de dados dos arquétipos. Neste nível, os elementos funcionam como uma interface, no qual sistemas externos têm a possibilidade de acessar informações via APIs.
4. Lógica de aplicação: Esta camada consiste em qualquer lógica específica para uma aplicação, que pode ser um aplicativo do usuário, ou outro serviço, como um mecanismo de consulta.
5. Camada de apresentação: esta camada consiste na interface gráfica da aplicação.

Como resultado da interoperabilidade entre os três sistemas, foi criada uma tela de histórico do atendimento, onde encontra-se reunidas informações oriundas de cada sistema

envolvido. A figura 27 demonstra de forma setorizada a composição do histórico.

**Figura 27** – Modelo de Referência Arquitetura da solução específica

**Histórico de Atendimento**

**Informações do Paciente**  
 Nome do Paciente : Maria José da Silva

**Atendimento Odontológico**  
 Data : 11/02/2016  
 Apicetomia de incisivo ou canino: sem obturação retrógrada > Rx periapical inicial e Rx periapical final (P. inicial e P. final) (NORMAS: 602)  
 Procedimento :

**Informações do Biomodelo**  
 Região Anatômica : Maxila  
 Material : Matéria-prima sólida - Resina  
 Software : inVesalius  
 Resolução da imagem : 700 DPI

**Atendimento Psicológico**  
 Data : 01/04/2016  
 Descrição Clínica : Paciente em tratamento  
 Diagnóstico : Acompanhamento pós traumático  
 Escuta : Seção realizada no dia 01/04. Paciente se queixa de problemas na apar-ência após o procedimento cirurgico  
 Comentários : N/A

Voltar

Fonte: Tela capturada do Form3D

Segue abaixo a tabela 4 que demonstra de onde cada informação da tela de histórico foi recuperada.

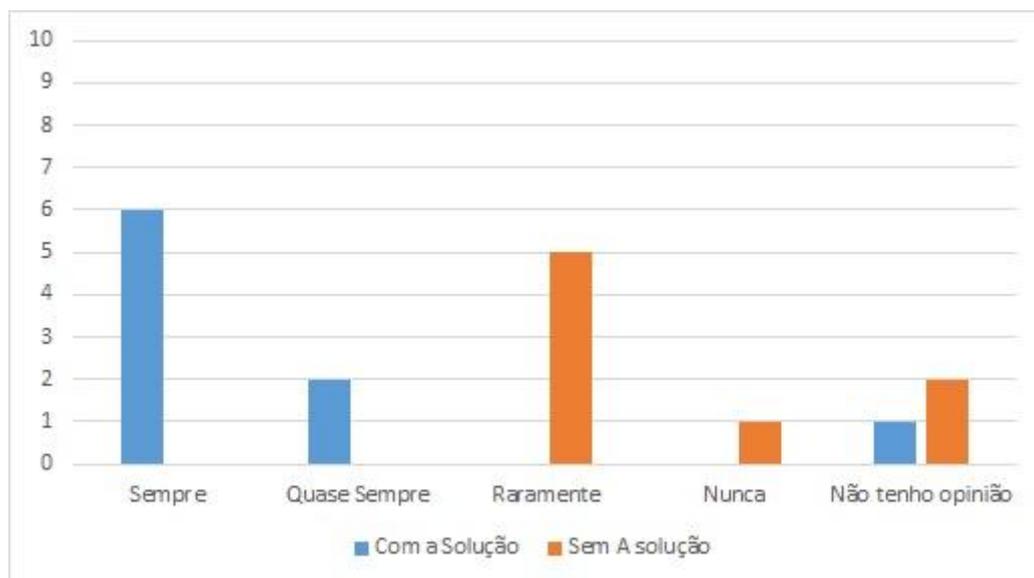
**Tabelas 4:** Resultado da Interoperabilidade

Setor	Informação
<b>Em Azul</b>	A informação referente ao nome do paciente foi extraída pelo campo <i>Person Name</i> do arquétipo <i>openEHR-EHR-CLUSTER.person_identifiable_parent.v1</i> implementado em todos os sistemas
<b>Em Vermelho</b>	As informações referentes ao atendimento odontológico foram extraídas dos <i>campos Clínicasl Description e Date</i> do arquétipo

	openEHR-EHR-CLUSTER.exam_mouth.v0
<b>Em Verde</b>	As informações referentes ao biomodelo usado no procedimento cirúrgico foram extraídas dos arquétipos: openEHR-EHR-OBSERVATION.regiao_anatomica.V1 openEHR-EHR-OBSERVATION.material.v1 openEHR-EHR-OBSERVATION.software.v1 openEHR-EHR-OBSERVATION.resolucao_imagem.V1
<b>Em Amarelo</b>	As informações referentes ao atendimento da clínica de psicologia foram extraídas dos campos: <i>Problem/Diagnosis name</i> <i>Clínicasl description</i> <i>Specific details</i> <i>Date/time clínicaslly recognised</i> <i>Comment</i> Relativos ao arquétipo openEHR-EHR-EVALUATION.problem_diagnosis.v1

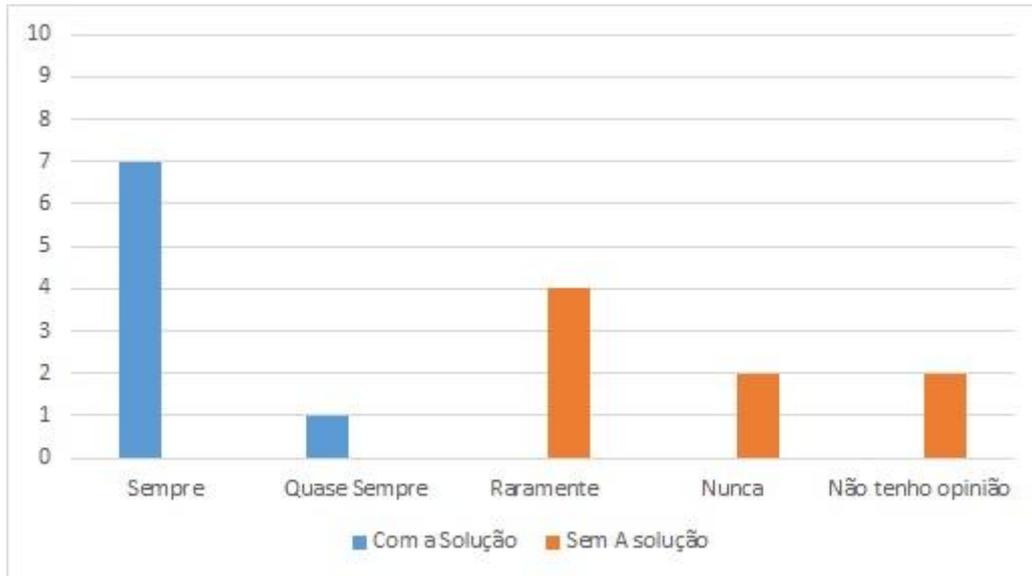
Para validar a solução foi aplicado um questionário com todos os técnicos envolvidos no processo de fabricação de biomodelo. O questionário pode ser encontrado na seção de anexos e os resultados a seguir foram extraídos de suas respostas:

1. É possível recuperar informações referentes aos casos clínicos de forma rápida?

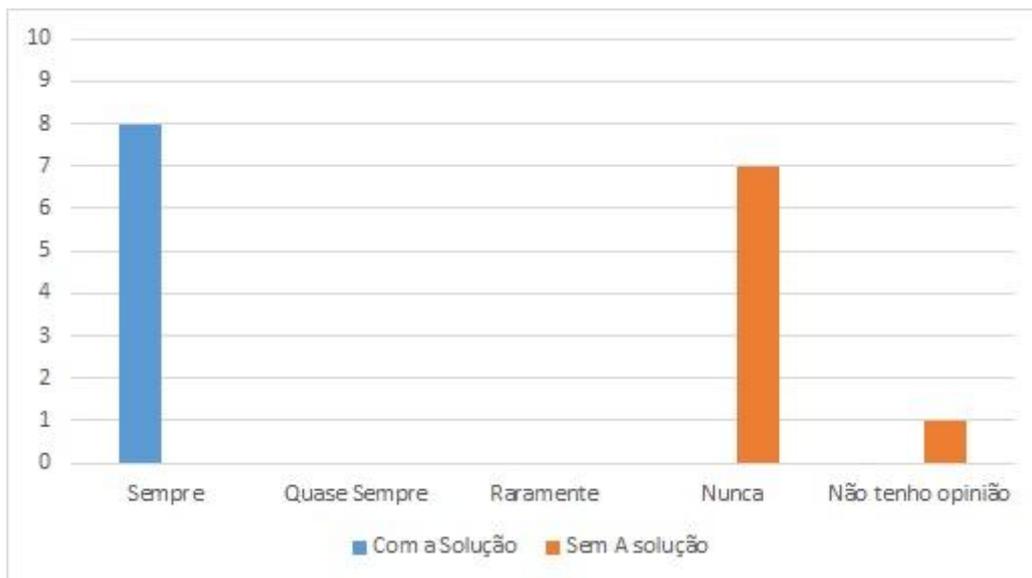


2. É possível recuperar em qual status dentro do processo de fabricação se encontra o

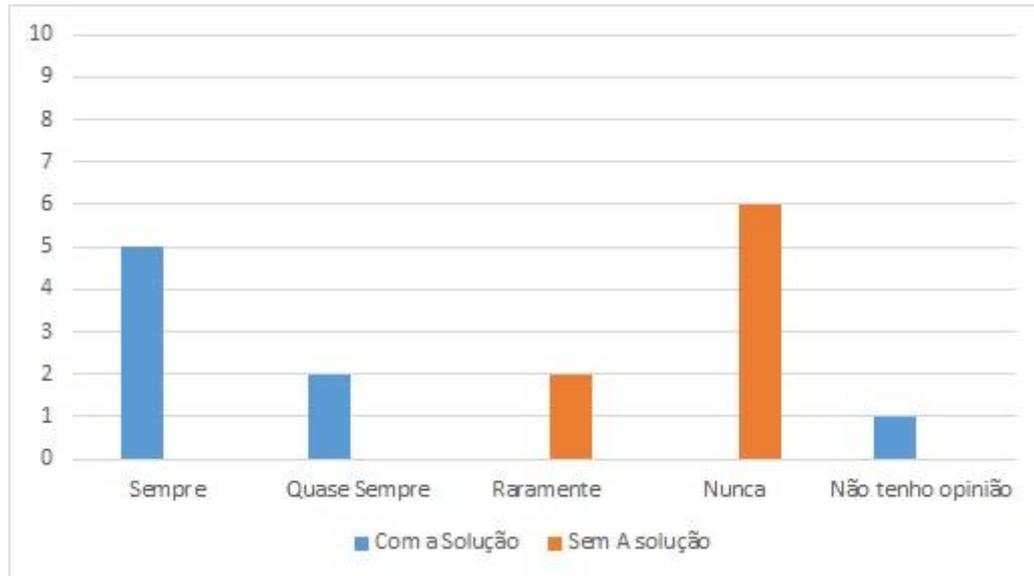
caso clínico?



3. É possível visualizar todos os casos clínicos que estão sendo trabalhado atualmente?



4. É possível recuperar qual técnico trabalhou em cada caso clínico rápida?



Diante resultados apresentados podemos comprovar a primeira Hipótese I, na página 16, dessa pesquisa que uma solução de TICs para apoiar e semi-automatizar a gestão no processo de fabricação de biomodelos fornece suporte tecnológico para controle e rastreamento dos dados acumulados em registros de casos cirúrgicos apoiados por biomodelo.

Conforme demonstrado na funcionalidade de histórico de atendimento, apresentada na figura 27, o processo de modelagem em dois níveis aplicado segundo a estrutura e tecnologias do padrão *OpenEHR* se mostrou eficaz para interoperar e compartilhar informações utiliza os RES implantados na Clínica de Psicologia, na Clínica de Odontologia e no laboratório LABTEC 3D/NUTES. Com tecnologias externas, podendo escalar inclusive para uma federação de laboratórios que compartilham informações de casos e biomodelos, verificando assim a hipótese II que uma solução de TICs para apoiar e semi-automatizar a gestão no processo de fabricação de biomodelos viabiliza a interoperabilidade possibilitando o intercâmbio de informações entre entidades fisicamente distribuídas conforme mostrado na tela de histórico dos atendimentos entre os RES.

## 6 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

A mudança é, de fato, um fator importante que influencia o desenvolvimento de novas tecnologias. O Form3D gerou mudança na rotina de trabalho dos pesquisadores devido ao gerenciamento monitorado e ao registro eletrônico de informações, podendo ter acesso rápido a elas.

Nessa pesquisa foi criada uma concepção tecnológica para apoiar a gestão de fabricação de biomodelos do LABTEC 3D utilizando ferramentas computacionais para o registro eletrônico de informações referentes às etapas do processo.

A partir dos resultados obtidos com a pesquisa realizada, verifica-se que o Form3D permite que as atividades realizadas no processo de prototipagem possam ser gerenciadas desde a solicitação do biomodelo até a impressão e envio do biomodelos solicitado.

De acordo com relatos obtidos com pesquisadores do LACTEC 3D, há vantagem na utilização do software para gerenciar os processos em relação a forma de gerenciamento anterior já que não é necessário atualizar manualmente em qual parte do processo os casos clínicos se encontram, além de manter as informações atualizadas sempre que uma tarefa é concluída.

Por tanto, podemos com isso atingir dois dos objetivos específicos desse trabalho registrar em meio eletrônico os casos clínicos no processo fabricação de biomodelos no LABTEC 3D e controlar e rastrear em meio eletrônico todo o processo de gestão de fabricação biomodelos no LABTEC 3D.

Como trabalho futuro referente a solução de registro eletrônico de almeja-se disponibilizar um modulo *WEB* do Form3D que permita que as solicitações para produção de biomodelos sejam realizadas através de *upload* das imagens, não necessitando do envio da mídia física.

Através dos resultados podemos contatar também que foi possível utilizar a estrutura proposta pela plataforma OpenEHR para prover interoperabilidade entre sistemas distintos, podendo assim reunir informações que anteriormente estavam em ambientes diferentes em um histórico único.

A construção que chegou a resultados efetivos, segundo avaliação dos especialistas demandantes, também envolvidos na modelagem de informação, foi descrita através de um método que pode ser aplicado outros escopos de interoperabilidade, ou mesmo para estender o escopo de interoperabilidade tratado neste trabalho.

Dessa forma, contemplamos outros dois objetivos específicos: Criar um arquétipo/template que represente as informações médicas dos biomodelos dentro do universo do LABTEC 3D e tornar possível a interoperabilidade em a solução proposta com demais RES que utilizam a especificação OpenEHR

Por fim, como trabalho futuros pretende-se submeter dos arquétipos criados na solução de interoperabilidade para o repositório de arquétipos *Clinical Knowledge Manager* (CKM). Com isso, a comunidade que participa do movimento de interoperabilidade da plataforma *OpenEHR* possa validar e futuramente os arquétipos possam ser publicados e usados como referência em biomodelagem 3D.

## REFERENCIAS

- ADVANCED DEVELOPMENT METHODS – ADM, Scrum Methodology – Incremental, Iterative Software Development from Agile Processes”, Revision 0.9, 2003.
- PELTOLA, S.M. et al. A review of rapid prototyping techniques for tissue engineering purposes. *Annals of Medicine*, Stockholm, v. 40, n. 4, p. 268-280, 2008.
- NAGY, P. Open source in imaging informatics. *Journal of Digital Imaging*, Philadelphia, v. 20, n. 1, p. 1-10, Nov. 2007.
- GRELLMANN, D.A. Utilização das tecnologias de estereolitografia e microfusão para aplicações em prototipagem rápida e ferramental rápido. Florianópolis, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.
- SOUZA, M. A.; CENTENO, T.M.; PEDRINI, H. Integrando reconstrução 3D de imagens tomográficas e prototipagem rápida para a fabricação de modelos médicos. *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*, Campinas, v. 19, n. 2, p. 103-115, Ago. 2003.
- Winder, J., Bibb, R., 2005, “Medical Rapid Prototyping Technologies: State of the art and Current Limitations for Application in Oral and Maxillofacial Surgery”, *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, Vol. 63, No. 7, pp. 1006-1015.
- FOGGIATTO, J. A., 2006, “O uso da prototipagem rápida na área médico-odontológica”, *Tecnologia & Humanismo*, Curitiba, Vol. 1, pp. 60-68.
- INVESALIUS. Disponível em < <http://www.softwarepublico.gov.br/>>
- OLIVEIRA, N. M. S. ; OLIVEIRA NETO, J. A. . Prototipagem Rápida. 2012.
- SHETH, BI Newman, BL Gross. *Journal of business ...* 242, 1999. Customer behavior: A managerial perspective. JN Sheth, B Mittal, BI Newman, JN Sheth.
- NARDON, Fabiane Bizinella; FRANÇA, Tony; NAVES, Humberto – Construção de Aplicações em saúde Baseadas em Arquétipos. XI Congresso Brasileiro de Informática em Saúde Campos do Jordão, São Paulo. 2008.
- OPENERH Disponível em < <http://www.openehr.org/> >
- BEALE T. Archetypes: Constraint-based Domain Models for Future-proof Information Systems. OOPSLA 2002 workshop on behavioural semantics. Available at <http://www.deepthought.com.au>
- Schloeffel P. (Editor). Requirements for an Electronic Health Record Reference

Architecture. International Standards Organisation, Australia; Feb 2002; ISO TC 215/SC N; ISO/WD 18308

ISO:IEC: Information Technology. Open Distributed Processing, Reference Model: Part 2:Foundations.

NIÈS J, Walton RT, Rajeswaran A, et al. Computerized advice on drug dosage to improve prescribing practice. Cochrane Database of Systematic Reviews. In: The Cochrane Library; 2009; Issue 10.

SHABO, A.; RABINOVICI-COHEN, S.; VORTMAN, P. Revolutionary impact of XML on biomedical information interoperability. IBM Systems Journal, v. 45, n. 2, p. 361-372, jan. 2006.

PESSANHA, C. P. Implementando o Prontuário Eletrônico OpenEHR em CMS's: Uma Aproximação. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) -Escola de Ciência da Informação, Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

GIBBONS, P. et al. Coming to terms: Scoping Interoperability for Health Care. Health Level Seven. EHR Interoperability Work Group. Feb. 2007.

KALRA, D. Electronic health record standards. IMIA Yearbook of Medical Informatics 2006. International Medical Informatics Association and Schattauer. Germany, p. 136-144, 2006.

BOUKAR, M. M. Content management system (CMS) Evaluation and Analysis. Journal of Technical Science and Technologies. v. 1. n. 1, 2012. Disponível em: . Acesso em: fev. 2016.

KUKAFKA, R. et al. Redesigning electronic health record systems to support public health. Journal of Biomedical Informatics, v. 40, n. 4, p. 398-409, ago. 2007.

EICHELBERG M, Aden T, Rismeier J, Dogac A, Laleci GB. A Survey and Analysis of Electronic Healthcare Record Standards. ACM Computing Surveys, Vol. 37, No. 4, December 2005, pp. 277–315.

GOLDSCHMIDT, P.G. HIT and MIS: Evaluating the potential advantages and considering the risks associated with electronic health care records. Communications of the ACM. The digital society, Special Issue, v. 48, n. 10, p. 68-74, oct. 2005.

OZSU, M. T.; VALDURIEZ, P. Principles of Distributed Database Systems. 2nd edition. ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1999.

HALEVY, A. Y. (2003). Data integration: A status report. In Proceedings of 10th Conference on Database Systems for Business Technology and the Web (BTW 2003), Germany.

ELMAGARMID, A.; RUSINKIEWICZ, M.; SHETH, A.  
Management of Heterogeneous and Autonomous Database Systems.  
San Francisco: Morgan Kaufmann, 1999.

WIRSZ, N. (2000). IT-standards im gesundheitswesen. Elec tromedica , 68 heft 1

BOOTH, D., HASS, W. H., McCabe, F., Newcomer, E., Champion, M., Ferris, C., & Orchard, D. (2003). Web service architecture. Working Notes (2003/2004). W3C.

CHINNICI, R., GUDGIN, M., MOREAU, J.-J., & WEERAWARANA, S. (2005). Web services description language (WSDL) version 2.0 part 1: Core language

JBPM, N.D. JBoss Community, What does jBPM do? [online], N.D. [Consultado em fevereiro de 2016]. Disponível na WWW: < <http://www.jboss.org/jbpm>>

WikiJBPM, 2011 Wikipédia, jBPM [online], 21 November 2011. [Consultado em fevereiro de 2016]. Disponível na WWW: < <http://en.wikipedia.org/wiki/JBPM>

VERSIONONE, Pesquisa do Estado do Desenvolvimento Ágil, The State of Agile Development, Disponível em <http://www.versionone.net/pdf/StateofAgileDevelopmentSurvey.pdf> [Fevereiro, 2007]

*BOEHM, B. and Turner, R., Balancing Agility and Discipline A Guide for the Perplexed, AddisonWesley, 2003.*

HIGHSMITH, J., Agile Project Management, Creating innovative products, AddisonWesley, 2004.

FAGUNDES, Priscila Bastos. Framework para Comparação e Análise de Métodos Ágeis. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: 2005.

COCKBURN, Alistair. Agile Software Development. Adisson-Wesley, 2001.

SCHWABER K., Agile Project Management With SCRUM, Microsoft, 2004.

HOUY C, FETTKE P, Loos P (2010) Empirical Research in Business Process Management - Analysis of an emerging field of research. Business Process Management Journal 16(4): 619-661

HUNG R. Y – Business Process Management, 2006.

VAN DER AALST, TER HOFSTEDE, WESKE Workflow Management: Models, Methods e Systems (2003)

CONSELHO FEDERAÇÃO DE MEDICINA (Brasil) Manual de Certificação para sistemas de registros eletrônico em saúde (S-RES). (Versão 3.3) [S.I]: Sociedade Brasileira de Informática em Saúde. Conselho Federal de Medicina, 2009. Disponível em. Acessado em fevereiro 2016.

GUTIÉRREZ, P. P.; CARRASCO, L. Open EHR-Gen Framework Generador de sistemas normalizados de historia clínica electrónica basados en el estándar OpenEHR. In: Jornadas de Sistemas de Información en Salud del Hospital Italiano

de Buenos Aires. 2013, BuenosAires. Oficina do Programa de Internacionalização do OpenEHR. Buenos Aires, 2013

## ANEXO I

### DEFINIÇÃO DOS CASOS DE USOS

**CDU1. Erro! Fonte de referência não encontrada.**

- a. **Descrição:** O administrador irá configurar software externo para ser iniciado pela ferramenta.
- b. **Ator:** Administrador.
- c. **Precondições:** O usuário deve estar autenticado como administrador. O SWLABTEC 3D deve estar aberto na tela principal.
- d. **Fluxo de eventos:**
  - i. O administrador seleciona a opção de configurações;
  - ii. O sistema exibe a tela de configurações;
  - iii. O administrador seleciona a opção de editar softwares externos;
  - iv. O sistema exibe os softwares configurados e suas respectivas descrições;
  - v. O administrador seleciona o software e clica na opção configurar software;
  - vi. O sistema abre a tela para o administrador localizar o software instalado no computador;
  - vii. O administrador identifica o software;
  - viii. O sistema salva o novo software.

**CDU2. Erro! Fonte de referência não encontrada.**

- a. **Descrição:** O usuário irá se cadastrar para acessar a ferramenta;
- b. **Ator:** Usuário não cadastrado;
- c. **Precondições:** O sistema deve estar aberto na tela de login;
- d. **Fluxo de eventos:**
  - i. O usuário seleciona a opção cadastrar-se;
  - ii. O sistema exibe a tela de cadastro;
  - iii. O usuário preenche o formulário e pressiona o botão salvar;
  - iv. O sistema salva as informações;
  - v. O sistema exibe a mensagem de sucesso no cadastro.

**CDU3. Erro! Fonte de referência não encontrada.**

- a. **Descrição:** O usuário irá se autenticar no sistema.
- b. **Ator:** Administrador, usuário cadastrado.
- c. **Precondições:** O indivíduo deve estar cadastrado no sistema; o sistema deve estar aberto na tela de autenticação.
- d. **Fluxo de eventos:**
  - i. O usuário deve inserir seu login e senha nos campos correspondentes;
  - ii. O usuário confirma os dados de autenticação;
  - iii. O sistema valida os dados do usuário;
  - iv. O sistema exibe a tela principal.

**CDU4. Erro! Fonte de referência não encontrada.**

- a. **Descrição:** O administrador pretende alterar as permissões de um usuário.
- b. **Ator:** Administrador.
- c. **Precondições:** O administrador deve estar autenticado no sistema. O SWLABTEC 3D deve estar aberto na tela principal.

**d. Fluxo de eventos:**

- i. O administrador seleciona a opção de configurações;
- ii. O sistema exibe a tela de configurações;
- iii. O administrador seleciona a opção gerenciar permissões de usuários;
- iv. O sistema exibe os usuários cadastrados e suas respectivas permissões;
- v. O administrador seleciona o usuário;
- vi. O administrador seleciona a opção de editar;
- vii. O sistema exibe as permissões do usuário no modo de edição;
- viii. O administrador faz as alterações desejadas;
- ix. O administrador confirma as alterações;
- x. O sistema salva as modificações e exibe a tela com os usuários cadastrados.

**CDU5. Erro! Fonte de referência não encontrada.**

**a. Descrição:** O usuário irá cadastrar um caso clínico.

**b. Ator:** Usuário cadastrado, administrador.

**c. Precondições:** O usuário deve estar autenticado no sistema. O SWLABTEC 3D deve estar aberto na tela principal.

**d. Fluxo de eventos:**

- i. O usuário seleciona a opção de cadastrar novo caso;
- ii. O sistema exibe a tela com o termo de compromisso;
- iii. O usuário aceita os termos de compromisso e clica em avançar;
- iv. O sistema exibe o formulário para preenchimento das informações de médico e paciente;
- v. O usuário preenche o formulário e seleciona avançar;
- vi. O sistema exibe formulário para preenchimento das informações referentes a entrega do biomodelo;
- vii. O usuário preenche o formulário e seleciona avançar;
- viii. O sistema exibe uma tela para confirmação das informações;
- ix. O usuário clica em informações completas;
- x. O sistema salva o caso clínico e redireciona o usuário para a tela principal.

**CDU6. Erro! Fonte de referência não encontrada.**

**a. Descrição:** O usuário irá informar se a demanda solicitada pelo cliente é viável.

**b. Ator:** Usuário cadastrado, administrador.

**c. Precondições:** Deve-se estar autenticado no sistema. A solicitação deve ter sido aprovada. O SWLABTEC 3D deve estar aberto na tela principal.

**d. Fluxo de eventos:**

- i. O sistema exibe os casos clínicos cadastrados;
- ii. O usuário seleciona o caso clínico;
- iii. O usuário seleciona a opção de trabalhar no caso clínico;
- iv. O sistema exibe tela perguntando se a demanda é viável;
- v. O usuário informa se é viável;
  1. Se sim:
    - i. O sistema altera o status do caso clínico.
  2. Se não:
    - i. O sistema solicita o motivo da inviabilidade;

- ii. O usuário informa o motivo da inviabilidade;
- iii. O sistema altera o status do caso clínico.

**CDU7. Erro! Fonte de referência não encontrada.**

- a. **Descrição:** O usuário vai realizar o tratamento das imagens relacionadas a um determinado caso clínico.
- b. **Ator:** Usuário cadastrado, administrador.
- c. **Precondições:** Deve-se estar autenticado no sistema. A demanda deve ser viável. O SWLABTEC 3D deve estar aberto na tela principal.
- d. **Fluxo de eventos:**
  - i. O sistema exibe os casos clínicos cadastrados;
  - ii. O usuário seleciona o caso clínico;
  - iii. O usuário seleciona a opção de trabalhar no caso clínico;
  - iv. O sistema abre o software externo para tratamento nas imagens;
  - v. O usuário realiza o tratamento das imagens;
  - vi. O usuário fecha o software de tratamento das imagens;
  - vii. O sistema pergunta se a o tratamento está concluído;
  - viii. O usuário confirma que o tratamento foi concluído;
  - ix. O sistema altera o status do caso clínico.

**CDU8. Erro! Fonte de referência não encontrada.**

- a. **Descrição:** O usuário vai informar se as imagens tratadas foram aprovadas pelo cliente;
- b. **Ator:** Usuário cadastrado, administrador;
- c. **Precondições:** Deve-se estar autenticado no sistema. As imagens tratadas devem ter sido enviadas ao cliente. O SWLABTEC 3D deve estar aberto na tela principal.
- d. **Fluxo de eventos:**
  - i. O sistema exibe os casos clínicos cadastrados;
  - ii. O usuário seleciona o caso clínico;
  - iii. O usuário seleciona a opção de trabalhar no caso clínico;
  - iv. O sistema pergunta se as imagens foram aprovadas pelo cliente;
  - v. O usuário informa se foram aprovadas;
    - 1. Se sim:
      - i. O sistema altera o status do caso clínico.
    - 2. Se não:
      - i. O sistema solicita o motivo da rejeição;
      - ii. O usuário informa o motivo;
      - iii. O sistema altera o status do caso clínico.

**CDU9. Erro! Fonte de referência não encontrada.**

- a. **Descrição:** O usuário vai imprimir um biomodelo.
- b. **Ator:** Usuário cadastrado, administrador.
- c. **Precondições:** Deve-se estar autenticado no sistema. As imagens tratadas devem ter sido aprovadas pelo cliente. O SWLABTEC 3D deve estar aberto na tela principal.
- d. **Fluxo de eventos:**
  - i. O sistema exibe os casos clínicos cadastrados;
  - ii. O usuário seleciona o caso clínico;
  - iii. O usuário seleciona a opção de trabalhar no caso clínico;

- iv. O sistema abre o software externo para impressão do biomodelo;
- v. O usuário imprime o biomodelo;
- vi. O usuário fecha o software de impressão;
- vii. O sistema pergunta se a impressão foi realizada;
- viii. O usuário informa que a impressão foi feita;
- ix. O sistema altera o status do caso clínico.

**CDU10. Erro! Fonte de referência não encontrada.**

- a. **Descrição:** O usuário irá informar se o biomodelo impresso está em conformidade com as especificações.
- b. **Ator:** Usuário cadastrado, administrador.
- c. **Precondições:** deve-se estar autenticado no sistema. O biomodelo deve ter sido impresso. O SWLABTEC 3D deve estar aberto na tela principal.
- d. **Fluxo de eventos:**
  - i. O sistema exibe os casos clínicos cadastrados;
  - ii. O usuário seleciona o caso clínico;
  - iii. O usuário seleciona a opção de trabalhar no caso clínico;
  - iv. O sistema pergunta ao usuário se o biomodelo impresso está de acordo com as especificações;
  - v. O usuário informa sobre a conformidade;
  - vi. O sistema altera o status do caso clínico.

**CDU11. Erro! Fonte de referência não encontrada.**

- a. **Descrição:** O usuário irá informar que o biomodelo foi entregue ao cliente.
- b. **Ator:** Usuário cadastrado, administrador.
- c. **Precondições:** deve-se estar autenticado no sistema. O biomodelo impresso deve estar de acordo com as especificações. O SWLABTEC 3D deve estar aberto na tela principal.
- d. **Fluxo de eventos:**
  - i. O sistema exibe os casos clínicos cadastrados;
  - ii. O usuário seleciona o caso clínico;
  - iii. O usuário seleciona a opção de trabalhar no caso clínico;
  - iv. O sistema pergunta ao usuário se o caso clínico terá seu status alterado para entregue;
  - v. O usuário confirma a alteração do status;
  - vi. O sistema altera o status do caso clínico.

**CDU12. Erro! Fonte de referência não encontrada.**

- a. **Descrição:** O usuário irá consultar o histórico do caso clínico.
- b. **Ator:** Usuário cadastrado, administrador.
- c. **Precondições:** deve-se estar autenticado no sistema. O SWLABTEC 3D deve estar aberto na tela principal.
- d. **Fluxo de eventos:**
  - i. O sistema exibe os casos clínicos cadastrados;
  - ii. O usuário clica com o botão direito do mouse sobre o caso clínico;
  - iii. O sistema exibe menu de opções;
  - iv. O usuário seleciona a opção de consultar histórico;
  - v. O sistema exibe o histórico do caso clínico.

**CDU13. Erro! Fonte de referência não encontrada.**

- a. **Descrição:** O administrador irá configurar o fluxo de execução do sistema, indicando qual fluxo jBPM será seguido.
- b. **Ator:** Administrador.
- c. **Precondições:** O administrador deve estar autenticado no sistema. O SWLABTEC 3D deve estar aberto na tela principal.
- d. **Fluxo de eventos:**
  - i. O sistema exibe a tela principal do administrador;
  - ii. O administrador seleciona a opção de configurações;
  - iii. O sistema exibe menu com funcionalidades acessíveis pelo administrador;
  - iv. O administrador seleciona a opção de alterar fluxo jBPM;
  - v. O sistema abre explorador de arquivos do computador;
  - vi. O administrador localiza e seleciona o arquivo jBPM desejado;
  - vii. O sistema exibe mensagem de confirmação da alteração;
  - viii. O usuário confirma a alteração;
  - ix. O sistema realiza a alteração.

**CDU14. Erro! Fonte de referência não encontrada.**

- a. **Descrição:** O administrador irá definir quais softwares externos serão abertos quando um usuário estiver trabalhando em determinada etapa do fluxo.
- b. **Ator:** Administrador.
- c. **Precondições:** O administrador deve estar autenticado no sistema. O SWLABTEC 3D deve estar aberto na tela principal.
- d. **Fluxo de eventos:**
  - i. O sistema exibe a tela principal do administrador;
  - ii. O administrador seleciona a opção de configurações;
  - iii. O sistema exibe menu com funcionalidades acessíveis pelo administrador;
  - iv. O administrador seleciona a opção de softwares externos;
  - v. O sistema exibe tela com os softwares cadastrados e suas respectivas funcionalidades.
  - vi. O administrador seleciona para qual funcionalidade deseja cadastrar o software;
  - vii. O sistema abre o explorador de arquivos do computador;
  - viii. O administrador localiza e seleciona o software a ser cadastrado;
  - ix. O sistema exibe mensagem de confirmação do cadastro;
  - x. O administrador confirma o cadastro;
  - xi. O sistema realiza o cadastro.

**CDU15. Erro! Fonte de referência não encontrada.**

- a. **Descrição:** O usuário deseja visualizar relatórios.
- b. **Ator:** Usuário cadastrado, administrador.
- c. **Precondições:** Deve-se estar autenticado no sistema. O SWLABTEC 3D deve estar aberto na tela principal.
- d. **Fluxo de eventos:**
  - i. O sistema exibe a tela principal;
  - ii. O usuário seleciona a opção de gerar relatórios;
  - iii. O sistema exibe menu os diferentes tipos de relatórios;
  - iv. O usuário seleciona o relatório desejado;

- v. O sistema exibe o relatório no visualizador de pdf padrão do computador.

**CDU16. Cadastrar imagens**

- a. **Descrição:** O usuário pretende cadastrar as imagens relacionadas a um caso clínico.
- b. **Ator:** Usuário cadastrado, administrador.
- c. **Precondições:** Deve-se estar autenticado no sistema. O SWLABTEC 3D deve estar aberto na tela de visualização de um caso clínico.
- d. **Fluxo de eventos:**
  - i. O sistema exibe a tela de visualização de um caso clínico;
  - ii. O usuário seleciona a opção de *Imagens do caso clínico*;
  - iii. O sistema verifica que não há imagens cadastradas e solicita ao usuário que faça o cadastro;
  - iv. O usuário navega até a pasta onde as imagens estão e seleciona *Abrir*.
  - v. O sistema salva as imagens.

**ANEXO II****Questionário de validação da solução implantada**

1. É possível recuperar informações referentes aos casos clínicos de forma rápida antes da implantação da solução proposta?  
**( ) Sempre ( ) Quase sempre ( ) Raramente ( ) Nunca ( ) Não tenho opinião**
  
2. É possível recuperar em qual status dentro do processo de fabricação se encontra o caso clínico antes da implantação da solução proposta?  
**( ) Sempre ( ) Quase sempre ( ) Raramente ( ) Nunca ( ) Não tenho opinião**
  
3. É possível visualizar todos os casos clínicos que estão sendo trabalhando atualmente antes da implantação da solução proposta?  
**( ) Sempre ( ) Quase sempre ( ) Raramente ( ) Nunca ( ) Não tenho opinião**
  
4. É possível recuperar qual técnico trabalhou em cada caso clínico rápida antes da implantação da solução proposta?  
**( ) Sempre ( ) Quase sempre ( ) Raramente ( ) Nunca ( ) Não tenho opinião**
  
5. É possível recuperar informações referentes aos casos clínicos de forma rápida depois da implantação da solução proposta?  
**( ) Sempre ( ) Quase sempre ( ) Raramente ( ) Nunca ( ) Não tenho opinião**
  
6. É possível recuperar em qual status dentro do processo de fabricação se encontra o caso clínico depois da implantação da solução proposta?  
**( ) Sempre ( ) Quase sempre ( ) Raramente ( ) Nunca ( ) Não tenho opinião**
  
7. É possível visualizar todos os casos clínicos que estão sendo trabalhando atualmente depois da implantação da solução proposta?  
**( ) Sempre ( ) Quase sempre ( ) Raramente ( ) Nunca ( ) Não tenho opinião**
  
8. É possível recuperar qual técnico trabalhou em cada caso clínico rápida depois da implantação da solução proposta?  
**( ) Sempre ( ) Quase sempre ( ) Raramente ( ) Nunca ( ) Não tenho opinião**