

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE INFORMÁTICA

MESTRADO EM INFORMÁTICA

ELINE RAQUEL DE MACEDO

**UM SIMULADOR BASEADO EM REALIDADE VIRTUAL PARA O TREINAMENTO
DE ESTUDANTES NA ADMINISTRAÇÃO DE MEDICAMENTOS INJETÁVEIS**

João Pessoa - Paraíba

Dezembro de 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE INFORMÁTICA

MESTRADO EM INFORMÁTICA

**UM SIMULADOR BASEADO EM REALIDADE VIRTUAL PARA O TREINAMENTO
DE ESTUDANTES NA ADMINISTRAÇÃO DE MEDICAMENTOS INJETÁVEIS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Centro de Informática da Universidade Federal de Paraíba por Eline Raquel de Macedo, sob a orientação da Prof. PhD. Liliane S. Machado, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Informática.

João Pessoa - Paraíba

Dezembro de 2015

M141u Macedo, Eline Raquel de.
Um simulador baseado em realidade virtual para o
treinamento de estudantes na administração de medicamentos
injetáveis / Eline Raquel de Macedo.- João Pessoa, 2015.
110f. : il.
Orientadora: Liliane S. Machado
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CI
1. Informática. 2. Realidade virtual. 3. Simuladores.
4. Medicamentos injetáveis. 5. Métricas.

UFPB/BC

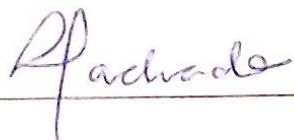
CDU: 004(043)

Ata da Sessão Pública de Defesa de Dissertação de
Mestrado de **ELINE RAQUEL DE MACEDO**,
candidata ao título de Mestre em Informática na
Área de Sistemas de Computação, realizada em 11
de dezembro de 2015.

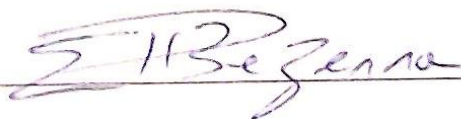
Ao décimo primeiro dia do mês de dezembro do ano de dois mil e quinze, às quinze horas, no Centro de Informática - Universidade Federal da Paraíba (unidade Mangabeira), reuniram-se os membros da Banca Examinadora constituída para julgar o Trabalho Final do **Sra. Eline Raquel de Macedo** vinculada a esta Universidade sob a matrícula 2013116025, candidata ao grau de Mestre em Informática, na área de "*Sistemas de Computação*", na linha de pesquisa "*Sinais, Sistemas Digitais e Gráficos*", do Programa de Pós-Graduação em Informática, da Universidade Federal da Paraíba. A comissão examinadora foi composta pelos professores: **Dr^a Liliane dos Santos Machado (PPGI-UFPB)**, Orientadora e Presidente da Banca, **Dr^o Ed Porto Bezerra (PPGI-UFPB)**, Examinador Interno, **Dr^a Luana Rodrigues de Almeida (UFPB)**, Examinadora Externa ao Programa e **Dra. Fátima de Lourdes dos Santos Nunes (USP)**, Examinadora Externa à Instituição. Dando início aos trabalhos, a professora Presidente da Banca cumprimentou os presentes, comunicou aos mesmos a finalidade da reunião e passou a palavra à candidata para que a mesma fizesse, oralmente, a exposição do trabalho de dissertação intitulado "*Um Simulador Baseado em RV para o Treinamento de Estudantes na Administração de Medicamentos Injetáveis*". Concluída a exposição, a candidata foi arguida pela Banca Examinadora que emitiu o seguinte parecer: "*aprovada*". Assim sendo, eu, Nadja Rayssa Soares de Almeida, Auxiliar em Administração, Secretária do Programa de Pós Graduação em Informática - PPGI, lavrei a presente ata que vai assinada por mim e pelos membros da Banca Examinadora. João Pessoa, 11 de dezembro de 2015.

Nadja Rayssa Soares de Almeida

Prof^a Dr^a Liliane dos Santos Machado
Orientadora (PPGI-UFPB)



Prof^o Dr^o Ed Porto Bezerra
Examinador Interno (PPGI-UFPB)



Prof^a Dr^a Luana Rodrigues de Almeida
Examinadora Externa ao Programa (UFPB)



Prof^a Dr^a Fátima de Lourdes dos Santos Nunes
Examinadora Externa à Instituição (USP)



A minha amada mãe, por todo apoio,
incentivo e compreensão em mais uma etapa
da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Ao longo desses dois anos muitas pessoas foram extremamente importantes para a conclusão deste trabalho. Jamais teria chegado até aqui sozinha e sem a proteção de Deus. Sendo assim, é a ele a quem eu agradeço primeiro, pois foi Nele que busquei forças sempre que precisei.

Agradeço também a minha família, que foi essencial ao longo desta caminhada, me dando o suporte necessário para chegar até aqui. Quando falo em família, posso citar também o meu namorado Diego, com o qual eu sempre pude contar ao longo desses dois anos longe de casa. Aqui, ele foi a minha família.

Ao grupo LABTEVE, eu só tenho a agradecer. Agradecer a Deus por ter colocado pessoas como vocês no meu caminho. Eu fui muito abençoada de poder estar aqui. Não consigo descrever o tanto que aprendi neste lugar, foram aprendizados que vou levar comigo aonde eu for. Em especial, agradeço a Professora Liliane. Profissional de caráter, com uma ética inquestionável, que soube me mostrar o caminho certo a seguir. Sem ela eu jamais teria chegado até aqui. Aos meus colegas de laboratório, gostaria de citar aqueles que estiveram comigo durante toda a caminhada, compartilhando os obstáculos do dia-dia e ajudando sempre que necessário. Muito obrigada Thiago, Thaíse, Tâmela, Luana, Paulo e Raul.

Agradeço também à todos os profissionais/professores que de alguma forma contribuíram com o desenvolvimento deste trabalho, seja na calibração das propriedades físicas dos modelos, seja na parte de avaliação do simulador, muito obrigada!

Não poderia esquecer de agradecer aos meus amigos Luiza, Amanda, Renata, Malu e Luís Felipe, por todo apoio durante esta fase da minha vida e por entenderem a minha ausência em alguns momentos.

Por fim, agradeço ao apoio financeiro da CAPES durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

UM SIMULADOR BASEADO EM REALIDADE VIRTUAL PARA O TREINAMENTO
DE ESTUDANTES NA ADMINISTRAÇÃO DE MEDICAMENTOS INJETÁVEIS

RESUMO

Simuladores baseados em realidade virtual podem auxiliar nos processos educacionais em saúde, acrescentando a prática simulada em um ambiente seguro e realista. Um procedimento médico que é alvo de críticas, devido aos relatos de erros, é a administração de medicamentos injetáveis. Várias são as pesquisas que apontam as deficiências dos profissionais nessa técnica. Considerando que essa deficiência venha desde a formação do profissional da saúde, o objetivo principal deste trabalho é propor uma ferramenta de treinamento baseada em realidade virtual para a administração de medicamentos injetáveis. Além disso, este trabalho também apresenta a modelagem das métricas de avaliação utilizadas no módulo para avaliação do usuário pelo simulador, discutindo a importância do estabelecimento dessas métricas para serem utilizadas em simuladores de realidade virtual.

Palavras-chave: Realidade virtual, simuladores, medicamentos injetáveis, métricas.

A VIRTUAL REALITY-BASED SIMULATOR FOR STUDENT TRAINING IN INJECTABLE DRUGS ADMINISTRATION

ABSTRACT

Virtual reality-based simulators can improve health educational processes by adding simulated practice in a safe and realistic environment. A medical procedure which is often target for criticism, due to its error reports, is the administration of injectable drugs. Many researches suggest professional deficiencies in that area. Considering that this deficiency is originated at the formation of the health professional, the main goal of this work is to propose a training tool based on virtual reality for the administration of injectable drugs. Furthermore, this work also presents the modeling of evaluation metrics used on the user evaluation modules by the simulator, discussing the relevance of the establishment of these metrics for use on virtual reality simulators.

Keywords: *Virtual reality, simulators, injectable drugs, metrics.*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Motivação	16
1.2	Relevância	18
1.3	Objetivos.....	19
1.4	Estrutura do Trabalho	20
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
2.1	Simulação em Saúde com Realidade Virtual	21
2.1.1	Simuladores para treinamento em saúde	25
2.2	Métricas de Avaliação	26
2.3	Administração de medicamentos Injetáveis	28
2.4	Taxonomia de Bloom	31
2.5	Considerações finais	39
3	METODOLOGIA.....	41
3.1	Revisão sistemática	41
3.2	Estudo dos aspectos conceituais	42
3.3	Estudo de métricas utilizadas no processo de avaliação de estudantes quanto às suas habilidades psicomotoras	42
3.4	Detalhamento do protocolo de administração de medicamentos injetáveis	43
3.5	Definição da variabilidade das métricas	43
3.6	Proposta do simulador	43
4	TRABALHOS CORRELATOS	44
4.1	Considerações	52
5	DESENVOLVIMENTO.....	54
5.1	Descrição do problema	54
5.2	Modelagem do Problema.....	56
5.3	Projeto do Sistema	59
5.3.1	Requisitos do sistema.....	59
5.3.2	Modelagem das cenas do simulador	62
5.3.3	Avaliação automática.....	66
5.4	Dispositivo Háptico	68
5.5	Calibragem das Propriedades Físicas	70
5.6	Considerações	71
6	RESULTADOS	73
6.1	SIMTAMI – Simulador para o Treinamento da Administração de Medicamentos Injetáveis	73

6.2	Fase de testes	83
6.3	Publicações	84
7	CONCLUSÃO.....	86
7.1	Trabalhos futuros	88
	REFERÊNCIAS	89
	APÊNDICE A	96
	APÊNDICE B.....	101

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Phantom Desktop.....	22
Figura 2 - Vias de administração de medicamentos injetáveis.....	29
Figura 3 - Tabela bidimensional do processo cognitivo na taxonomia revisada.....	33
Figura 4 - Classificações do Domínio Psicomotor	36
Figura 5 - Hierarquia do Domínio Afetivo.....	38
Figura 6 - Telas do Biopsym	47
Figura 7 - Médico virtual executando a punção pleural.	49
Figura 8 - Simulador de cirurgia de catarata equipado com dois dispositivos háptico. .	50
Figura 9 - AccuTouch.....	51
Figura 10 - Delineamento do problema de erros na administração de medicamentos injetáveis.....	55
Figura 11 - Mapa conceitual do processo de administração de medicamentos injetáveis	57
Figura 12 - Detalhamento da técnica de medicamentos injetáveis que faz parte do MC59	
Figura 13 - Diagrama de Casos de Uso do Sistema	60
Figura 14 - Diagrama de atividades do sistema.....	61
Figura 15 - Diagrama de sequência das cenas do simulador	66
Figura 16- Phantom Omni	69
Figura 17 - Tela inicial do SIMTAMI	74
Figura 18 - Tela na qual o usuário deve escolher a via de treinamento que deseja realizar o treinamento	74
Figura 19 - Tela de escolha das tarefas do simulador.....	75
Figura 20 - Opções presentes na cena 2 (perfil e quantidade de medicamento)	75
Figura 21 - Tela de escolha dos materiais para o procedimento	76
Figura 22 - Cena 3: A) Objeto ampliado; B) Objetos selecionados	77
Figura 23 - Tela de escolha do local para realizar a administração do medicamento	77

Figura 24 - Tela de higienização das mãos: A) Seleção dos locais de fricção; B) Animação da lavagem das mãos.....	78
Figura 25 - Tela de realização da antissepsia da pele.....	79
Figura 26 - Tela de realização da antissepsia da pele com a opção de colocar o garrote80	
Figura 27 - Tela de aplicar injeção	80
Figura 28 - Demonstração da inserção da agulha com o dispositivo háptico.....	81
Figura 29 - Cena 7 com visualização 3D.....	82
Figura 30 - Tela de avaliação	82

LISTA DE SIGLAS

RV	Realidade Virtual
AV	Ambiente Virtuais
DCN	Diretrizes Curriculares Nacionais
MC	Mapa Conceitual
SP	Soluções Parenterais
COFEN	Conselho Federal de Enfermagem
COREN	Conselho Regional de Enfermagem

1 INTRODUÇÃO

A Realidade Virtual (RV) é uma área de pesquisa que objetiva propor uma experiência imersiva e interativa baseada em imagens gráficas 3D geradas em tempo real por computador. A RV consegue prover simulações de situações reais ou mesmo imaginárias, facilitando a visualização, manipulação e interação dos usuários com representação de situações de alto risco ou com alto custo operacional. Segundo Corseuil et al. (2004), um dos benefícios dos sistemas de RV que também são conhecidos como Ambientes Virtuais (AV), é a capacidade de prover perspectivas vantajosas impossíveis de se obter no mundo real, como a navegação por dentro do corpo humano, a análise de simulações físicas e a revisão de grandes projetos de engenharia.

Para que os usuários consigam interagir com os sistemas baseados em RV pode ser necessária a utilização de diversos dispositivos de interação, dentre eles, os de reação tátil, que aumentam o grau de realismo e interação dos simuladores. Também conhecidos como dispositivos hápticos, os dispositivos de reação tátil são periféricos de entrada e saída que permitem ao usuário interagir em um ambiente virtual simulando a sensação correspondente ao toque, no qual retornam forças ou sensações referentes às características dos objetos (RODRIGUES, 2011). Esses dispositivos conseguem estimular sensações como o tato, tensão muscular e temperatura, podendo proporcionar reação tátil, capaz de simular a manipulação real de agulhas e bisturis em contato com o corpo de um paciente.

Diversas áreas como a saúde, a educação, o entretenimento e os negócios se beneficiam com a utilização de RV. Segundo Nunes et al. (2011a), a saúde ganha destaque, constituindo uma área de interesse crescente, isso acontece devido à capacidade da RV de reproduzir situações reais sem risco a pacientes, diminuir custos com a redução de uso de objetos físicos e possibilitar a simulação e visualização de ações impossíveis de serem percebidas no mundo real.

De acordo com Nunes et al. (2011), a RV pode oferecer recursos e respostas às necessidades computacionais relacionadas a simulações, treinamentos e terapias para as

diversas especialidades da saúde. Com isso, simuladores de treinamento para diversos procedimentos médicos (CHOI; SOO; CHUNG, 2009; RA et al., 2001; ZHANG et al., 2010) têm sido desenvolvidos utilizando RV. Esses simuladores são desenvolvidos com dois objetivos: permitir o treinamento em um ambiente real e consistente; e possibilitar que o médico treine um procedimento real, evitando que ele pratique em pacientes (VOSBURGH; GOLBY; PIEPER, 2013). Exemplos de simulações para treinamento em saúde são procedimentos de anestesia e simulação de procedimentos cirúrgicos. Esses simuladores podem ajudar ao usuário a se familiarizar com o procedimento, evitando que sua primeira experiência prática seja no paciente, diminuindo o nervosismo na hora de executar o procedimento, o que pode resultar na diminuição de possíveis erros.

A administração de medicamentos injetáveis é um procedimento da área de saúde realizado por enfermeiros e médicos. As deficiências no conhecimento e a falta de habilidades práticas para execução desse procedimento constituem as causas de muitos erros cometidos pelos profissionais da saúde. Medicamentos administrados erroneamente podem gerar serias consequências para os pacientes (SILVA et al., 2011). Normalmente o treinamento deste procedimento é realizado nos próprios alunos, o que pode acarretar complicações, desconforto e nervosismo para os estudantes (MARTINS et al., 2012). Neste contexto, é possível pensar em um simulador de treinamento baseado em RV como um novo método de treinamento para o procedimento de administração de medicamentos injetáveis, evitando que os alunos pratiquem uns nos outros e possibilitando o treinamento quantas vezes forem necessárias.

Durante a simulação, os sistemas baseados em RV, além de possibilitarem o treinamento das habilidades cognitivas, possibilitam o treinamento das habilidades psicomotoras. Isso se faz importante, particularmente, em procedimentos médicos que envolvem necessidades de treinamento, como é o caso da administração de medicamentos injetáveis. Quando se estuda este procedimento é possível perceber que além da habilidade cognitiva que deve ser adquirida pelo profissional, a habilidade psicomotora é essencial.

Além de possibilitarem o treinamento de habilidades psicomotoras, os simuladores podem realizar avaliação do usuário durante o treinamento no ambiente virtual. Entretanto, as habilidades psicomotoras constituem-se em um desafio no que

refere-se à necessidade de desenvolvimento de métodos para quantificar ou qualificar a habilidade de um usuário que esteja sendo avaliado durante a realização de uma tarefa em um simulador baseado em RV. Segundo Vosburgh, Golby e Pieper (2013), essa avaliação é dependente do estabelecimento de métricas, uma das razões que ainda gera muitos questionamentos em relação à aceitação de critérios de avaliação dentro desses simuladores. Uma das maneiras de realizar essa avaliação pode ser a partir da criação de modelos avaliativos baseados em uma classificação fornecida por especialistas, ou a partir de dados baseados nos protocolos preconizados pelos conselhos federais.

1.1 Motivação

A administração de medicamentos é uma das principais funções desempenhadas pela equipe de enfermagem, tornando-se um processo essencial aos cuidados prestados no tratamento e na prevenção de doenças. Durante a execução desse procedimento é crucial agir de forma responsável, seguindo os princípios técnicos científicos que viabilizem segurança ao paciente e ao próprio profissional (VESTENA et al., 2014).

De acordo com Belela, Peterlini e Pedreira (2010), erros de medicação têm sido foco de atenção por parte dos profissionais das instituições e das autoridades sanitárias devido a dados provenientes de pesquisas, os quais mostram que os erros na medicação representam uma triste realidade no trabalho dos profissionais de saúde, contribuindo com o aumento das taxas de morbidade, do tempo de internação e dos custos do sistema de saúde. O relatório de Kohn et al. (2001), baseado em estudos realizados no Colorado, Utah e Nova York, aponta que das 33,6 milhões de internações realizadas no ano de 1997, por volta de 44.000 a 98.000 americanos morreram por problemas causados devido a erros na administração de medicamentos.

Os medicamentos podem ser administrados por vias naturais e vias injetáveis. Segundo Meneses et al. (2012), a administração por vias naturais pode ocorrer desde que o usuário apresente condições favoráveis para o efeito esperado, e seja também adequada para satisfazer a sua necessidade e individualidade; e a administração por via injetável pode ocorrer quando houver necessidade de mecanismos mais precisos, rapidez para o efeito desejado, ou drogas que não possam ser administradas por vias naturais. Segundo estudo realizado por Silva et al. (2011), em relação à classificação de risco de dano ao paciente, a administração de injetáveis apresenta dano maior e é

proporcional à complexidade. O estudo foi desenvolvido na unidade de clínica médica de um hospital geral de Goiás. Os dados foram obtidos dos livros utilizados pela equipe de enfermagem, principalmente por enfermeiros, no período de 2002 a 2007, para registros de passagem de plantão, avisos, comunicados internos, solicitações e anotações de intercorrências, sendo a amostra constituída por todas as 242 anotações relacionadas a medicamentos, descritas no livro de enfermagem no período em análise. Em seu estudo os erros envolvendo medicamentos injetáveis corresponderam a 66,5%, sendo 12,2% relacionados à técnica de administração.

De acordo com Cohen e Senders (1994, p. 31) “a deficiência de conhecimento ou na execução do procedimento (ou ambos), constituem as causas de muitos erros”. Entre as várias condutas a serem tomadas para preveni-los, segundo Cassiani, Benfati, e Seixas (2001), a mais importante é, sem dúvida, a educação, não se limitando somente à educação em serviço, função da instituição empregadora, mas também àquela relativa à formação profissional.

A quantidade de erros apresentados em diversos estudos (BELELA; PETERLINI; KOHN et al., 2001; PEDREIRA, 2010; VESTENA et al., 2014) mostra que o enfermeiro pode ter uma deficiência que venha desde a sua formação inicial e essa precisa ser investigada para tentar minimizar esses erros. Silva e Cassiani (2004), afirmam que os erros na medicação também podem estar relacionados a deficiências da formação acadêmica as quais, segundo Fagundes e Girardon-Perlini (2006), poderiam ser amenizados com mais treinamento das habilidades psicomotoras dos estudantes no laboratório de enfermagem. Entretanto, segundo Martins et al. (2012, p. 620) “é comum o treinamento de procedimentos de enfermagem entre os estudantes”, mesmo que seja possível encontrar pareceres de conselhos regionais que desaprovem este tipo de treinamento (COREN, 2009), o Conselho Federal de Enfermagem afirma que, a instituição de ensino poderá adotar a utilização de técnica entre pares, desde que seja somente realizada sob a supervisão de um professor e com a anuência dos mesmos (COFEN, 2012). Mesmo assim, de acordo com pesquisa realizada por Ohnishi et al. (1995), este tipo de treinamento é criticado pelos alunos porque é uma prática que, quando simulada, não é do agrado do aluno, por não gostar de receber aplicação de injeção e de aplicar no colega.

Em estudo realizado por Godoy et al. (2003), no qual foi feita a avaliação quanto a execução dos passos do procedimento de administração de medicamentos injetáveis, observou-se que a partir do momento em que a avaliação esteve relacionada a aspectos de ordem mais prática, houve diminuição no desempenho dos profissionais. Sendo assim, levando em consideração a atual forma de treinamento do procedimento de medicamentos injetáveis (alunos praticam nos colegas), fica evidente a necessidade de uma nova forma de treinamento, particularmente no que tange às habilidades psicomotoras.

1.2 Relevância

O simulador proposto neste trabalho objetiva minimizar os erros na administração de medicamentos, configurando-se como uma ferramenta para auxiliar o treinamento de estudantes dos cursos de saúde.

Os simuladores para treinamento podem proporcionar aos estudantes a realização de determinados procedimentos com alto grau de realidade, obtendo muitas vantagens, tais como a eliminação do risco/perigo existente na prática real e a aceleração do processo de aprendizagem. Olsen et al. (1996) comparou a eficácia na aprendizagem através de dois métodos de ensino, onde um método utilizava o ensino tradicional e o outro utilizava um simulador para treinamento. Com esse estudo, eles chegaram à conclusão que o método que utilizava o simulador proporciona aos estudantes a autoconfiança necessária para que consigam realizar o procedimento com segurança no mundo real.

Os simuladores baseados em RV podem auxiliar o treinamento de procedimentos que exigem habilidades psicomotoras do usuário, ampliando as alternativas de estratégias de ensino-aprendizagem que envolvem essas habilidades. Esses simuladores permitem interação de tal modo que o usuário consegue realizar o treinamento dessas habilidades antes de treinar em um paciente real, podendo repetir o treinamento quantas vezes forem necessárias até atingir o estágio de domínio.

A avaliação é outra vantagem dos simuladores, enquanto o estudante treina ele pode estar sendo avaliado, em tempo real, e recebendo um *feedback* sobre as suas ações. Segundo Carvalho (2012), durante a execução de uma tarefa em um simulador, a

mesma deve ser observada, de modo que as devidas correções sejam feitas de imediato e o estudante receba um “*feedback*” sobre a sua atuação. No entanto, é preciso refletir como mensurar as habilidades psicomotoras adquiridas pelo usuário durante o treinamento em um AV.

Segundo Paiva et al. (2013) os simuladores permitem ainda o rastreamento de movimentos de instrumentos e movimentos corporais dos usuários, o que pode facilitar o processo de avaliação do procedimento. Também há a possibilidade de comparação com o desempenho de outros estudantes, de modo que estes recebam um *feedback* instantâneo sobre o seu nível de habilidades cognitivas e psicomotoras. Segundo Paiva et al. (2013, p.6) “estas comparações objetivas entre os estudantes são possíveis nos simuladores graças à possibilidade de reprodução e condições imparciais geradas”. Para se obter os resultados esperados é importante que as métricas de avaliação sejam bem definidas.

Observando essas vantagens, é possível perceber a importância do estudo e do desenvolvimento de simuladores para treinamento, particularmente para o treinamento de administração de medicamentos por vias injetáveis que, segundo pesquisa realizada na literatura, é uma área carente de aplicações e que necessita de abordagens realistas para treinar as habilidades psicomotoras do usuário. Além disso, para a área da computação, é possível observar a importância dos métodos de modelagem desse tipo de simulador, principalmente no que diz respeito à modelagem de ferramentas de avaliação do usuário.

1.3 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo geral desenvolver uma ferramenta de treinamento baseada em realidade virtual para a administração de medicamentos injetáveis.

Como objetivos específicos é possível citar:

- Realizar uma revisão na literatura acerca dos simuladores de procedimentos, baseados em realidade virtual, que fazem uso de agulha;

- Identificar os conceitos e técnicas relacionados à administração de medicamentos injetáveis detalhando o protocolo referente ao procedimento;
- Modelar métricas de avaliação para um simulador baseado em RV;

1.4 Estrutura do Trabalho

A fim de organizar a apresentação deste trabalho, o documento foi dividido em 4 capítulos. O primeiro capítulo faz uma introdução ao tema, apresentado a motivação para realização do trabalho, a relevância do tema e os objetivos propostos.

O segundo capítulo apresenta uma descrição sobre os conceitos necessários para fundamentar o trabalho, discutindo sobre simulação em saúde com RV, métricas de avaliação e administração de medicamentos Injetáveis.

O terceiro capítulo descreve a metodologia utilizada para realizar este trabalho.

O quarto capítulo apresenta uma revisão sistemática acerca de simuladores baseados em RV para o treinamento de procedimentos médicos que fazem uso de agulha.

No quinto capítulo é apresentado o desenvolvimento do trabalho, descrevendo o problema e a modelagem do problema.

Nos capítulos seis e sete são apresentados os resultados e as conclusões, respectivamente.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentados os conceitos necessários para fundamentar este trabalho, tais como a simulação em saúde com RV, métricas de avaliação para simuladores de RV e conceitos relacionados à administração de medicamentos injetáveis.

2.2 Simulação em Saúde com Realidade Virtual

A Realidade Virtual (RV) pode ser vista como uma interface que simula um ambiente real e permite que os seus usuários interajam com ele. Na literatura é possível encontrar diversas definições para RV. Segundo Hand (1994), ela é um paradigma pelo qual usa-se um computador para interagir com algo que não é real, mas pode ser considerado real no momento que está sendo usado. Braga (2001) a define como uma técnica de interface, na qual o usuário realiza imersão (estar dentro do ambiente), navegação e interação em um ambiente resumidamente tridimensional gerado pelo computador por intermédio de vias multissensoriais.

Segundo Luz e Kirner (2006), sistema é a integração de diversos componentes, que atuam de forma inter-relacionada, visando atingir um objetivo comum. Nos Sistemas de RV ocorre a integração de diversos componentes que permitem a execução de um mundo virtual. Segundo Burdea e Coiffet (1994), os sistemas de RV têm três ideias básicas: imersão, interação e envolvimento. A Imersão está ligada ao sentimento de fazer parte do ambiente. A Interação está relacionada com a capacidade do computador em detectar as entradas do usuário e modificar instantaneamente o mundo virtual e as ações sobre ele. O Envolvimento está relacionado com o grau de motivação para o engajamento de uma pessoa com determinada atividade, podendo ser passivo ou ativo.

Para criação da sensação de RV é necessária a utilização de alguns dispositivos, tais como dispositivos visuais, que proporcionam a sensação de imersão no ambiente, dispositivos hápticos, que estimulam sensações como o tato, a tensão muscular e a temperatura, os dispositivos de entrada (interação com o ambiente), como por exemplo as luvas de dados, que reconhecem os movimentos da mão do usuário e dispositivos

auditivos, como placas de som projetadas para trabalhar com conjuntos de ferramentas que constroem mundos virtuais.

Diferentemente dos dispositivos de saída de visão e audição, os dispositivos hápticos requerem uma interação eletromecânica com o corpo do usuário (NETTO; MACHADO; OLIVEIRA, 2002). Eles possibilitam ao usuário a sensação de tato, quando o mesmo interage com objetos presentes no ambiente virtual, como também as sensações de pressão ou peso, estimulando as habilidades psicomotoras e cognitivas do usuário. A sensação tátil refere-se à detecção do toque, da pressão e da vibração quando em contato com um objeto.

Os dispositivos hápticos disponíveis atualmente variam de acordo com a sofisticação e os recursos oferecidos. Existem desde simples *joysticks* com vibração até dispositivos que oferecem altos níveis de interatividade e graus de liberdade, com movimentos de translação e rotação (FERREIRA, 2014). Um exemplo de dispositivo háptico é o Phantom Desktop (Figura 1), produzido para permitir movimento, sensação tátil e força *feedback* para a mão do usuário. Atualmente o Phantom Desktop está disponível comercialmente.

Figura 1 - Phantom Desktop



Fonte: SENSABLE (2014)

O avanço tecnológico na área de comunicação e informação ampliou a utilização da RV, possibilitando que outras áreas do conhecimento também se beneficiassem de sua utilização, o que impulsionou o estudo e o desenvolvimento de simuladores voltados para procedimentos da saúde. Uma dessas vantagens é que esses sistemas não só podem reduzir os custos de treinamento dos profissionais, mas também podem reduzir os riscos ao paciente. Outra vantagem é o fato de o médico/enfermeiro poder aprender e praticar novas técnicas contando com a disponibilidade desses sistemas, pois o profissional pode praticar quantas vezes forem necessárias.

Paiva et al. (2013) classifica os tipos de aplicações de RV desenvolvidas nas últimas décadas de acordo com os enfoques na área da saúde. São eles:

- **Treinamento e educação:** O treinamento em cirurgia virtual apresenta vantagens, como o baixo custo, a ausência de risco para a integridade física de pacientes e a possibilidade de os procedimentos serem repetidos tantas vezes quanto necessário (PAIVA et al., 2013). Esse tipo de aplicação será melhor discutido na próxima seção.
- **Planejamento de cirurgias:** O planejamento de cirurgias possibilita a maior proximidade com o interior do organismo do paciente, permitindo que o profissional possa identificar os órgãos e regiões afetadas, auxiliando no plano de ação.
- **Avaliação neuropsicológica e reabilitação:** Segundo Cardoso et al. (2004), a RV pode ampliar as possibilidades terapêuticas das abordagens tradicionais, pois facilita o acesso a exercícios que estimulam habilidades variadas, sejam cognitivas ou motoras, através de ambientes virtuais que promovem associações mais diretas com as tarefas da vida diária, trazendo diversos benefícios terapêuticos para doenças psicológicas.
- **Diagnósticos a distância:** Segundo Paiva et al. (2013), a realização de diagnósticos auxiliados por ambientes virtuais conectados à internet possibilita que profissionais de diferentes regiões possam trocar importantes informações visando a obtenção de diagnósticos mais precisos. Um exemplo deste tipo de simulador é o trabalho proposto por Dev et al. (2002), no qual o

médico dermatologista, auxiliado por um dispositivo háptico e um sistema de visualização com monitor de alta resolução, pode interagir com um paciente a distância, que, por sua vez, é examinado por outro dispositivo háptico que reproduz as ações do médico sobre o seu braço, possibilitando a identificação da textura da pele por meio do tato e da visão e, conseqüentemente, a realização de um diagnóstico em dermatologia.

- Composição de medicamentos e visualização de estruturas microscópicas: A possibilidade de simular imagens 3D realistas, proporciona aos estudantes uma maneira mais próxima de observar uma série de eventos antes inexploráveis, como o funcionamento de órgãos vitais e a simulação do universo microscópico.
- Simulação de pacientes virtuais: Os simuladores são uma maneira eficaz para estagiários aprimorarem suas habilidades técnicas antes de iniciarem suas práticas na sala de cirurgia, diminuindo, portanto, a curva de aprendizado (PAIVA et al. 2013).

A partir dessa classificação é possível perceber que existem diversas possibilidades para o uso da realidade virtual na saúde, facilitando a aquisição do conhecimento, o treinamento e a familiarização de diversos procedimentos da saúde.

A RV aplicada à saúde traz novas possibilidades de composição, visualização tridimensional de imagens, interação e simulação. Mas, para alcançar êxito, Nunes et al. (2011a) afirmam que dentre as 3 características principais dos sistemas baseados em RV (imersão, interação e envolvimento), a área de saúde requer especificidades críticas que devem ser consideradas. A interação pode ser alcançada por meio de dispositivos hápticos. A imersão também constitui um aspecto necessário em algumas aplicações, mas dispensável em outras (NUNES et al., 2011a), podendo ser obtida através de dispositivos que proporcionam a visão estereoscópica. Segundo Nunes et al. (2011a) o envolvimento se faz fundamental para aplicações de RV em saúde, fazendo com que o usuário, de fato, sinta que os ambientes virtuais proporcionam experiências envolventes próximas às situações reais.

Segundo Nunes et al. (2011), para que o usuário alcance a sensação de envolvimento em aplicações de saúde, é fundamental que os sistemas possuam qualidade dos objetos tridimensionais, controle realista da interação e uso simultâneo de diversos dispositivos. Além disso, deve-se considerar a usabilidade dos sistemas, ou seja, tornar a aplicação confortável ao usuário.

2.2.1 Simuladores para treinamento em saúde

O treinamento é um dos temas mais explorados no contexto das aplicações de RV para a saúde. Dada a extensa quantidade de simuladores e classificações existentes, Santos e Machado (2009), classificam os simuladores de treinamento para saúde em três tipos: simuladores baseados em modelos físicos, simuladores baseados em computadores e simuladores híbridos. Os modelos físicos são aqueles presentes em simuladores que propõem treinamento em um modelo físico de um paciente ou de uma situação real, sem utilizar nenhum auxílio de computador. Os simuladores baseados em computador são aqueles que utilizam um ambiente virtual gerado por computador para recriar uma situação ou procedimento real. Os simuladores híbridos combinam modelos físicos com computadores, geralmente usando uma interface real, tal como instrumentos cirúrgicos, para fazer a interface entre o manequim e o computador (SANTOS; MACHADO, 2009).

O presente trabalho aborda os simuladores baseados em computadores, ou seja, particularmente os que se utilizam de técnicas de realidade virtual. Esses simuladores foram classificados por Santos e Machado (2009) como sendo de precisão, manipulação simples e manipulação completa. Essa classificação foi feita considerando como parâmetro a utilidade do simulador, ou seja, para qual finalidade ele é designado.

Os simuladores de precisão permitem ao usuário a prática de perícias de manipulação e de posicionamento preciso. A tarefa, geralmente é inserir um instrumento ou agulha ao longo de uma linha reta, como no caso da punção venosa, lombar ou anestesia na coluna (SANTOS; MACHADO, 2009). Apesar de a visualização nesses simuladores ser quase sempre estática, os mesmos conseguem transmitir um alto grau de realismo até mesmo em computadores mais simples.

Os simuladores de manipulação simples permitem ao usuário praticar a manipulação de um instrumento em resposta a um dispositivo de vídeo (SANTOS; MACHADO, 2009). Alguns procedimentos utilizam-se de uma interface real juntamente com um ambiente virtual gerado por computador que é responsável por simular a visualização obtida durante o procedimento médico. Segundo Santos e Machado (2009), esse tipo de simulação tem como principal vantagem a sua capacidade de rastrear o movimento da interface real, ou mesmo da mão do usuário e integrar essa informação com a informação visual.

Os simuladores de manipulação complexa são utilizados para simular procedimentos complexos, como por exemplo, procedimentos cirúrgicos. O realismo e a abrangência disponíveis nesses sistemas podem ser limitados pelos seus altos custos computacionais, o que dificulta o seu desenvolvimento e a sua utilização. Apesar da criação de um ambiente virtual completamente realista com manipulação completa ainda não ter sido atingida, esse tipo de simulação se mostra bastante eficaz em abordar componentes isolados de uma determinada técnica (SANTOS; MACHADO, 2009).

No contexto da RV, os simuladores para treinamento preparam os estudantes para desenvolverem tarefas reais, podendo oferecer uma nova forma de aprendizagem, na qual a combinação de exploração interativa, informações táteis e imagens tridimensionais, podem oferecer uma simulação mais realista.

2.3 Métricas de Avaliação

O processo de ensino-aprendizagem em cursos da saúde possui características peculiares, por ser eminentemente teórico-prático. Apresenta ainda particularidades devido à necessidade de se desenvolver uma gama variada de procedimentos que envolvem habilidades perceptivo motoras para a prestação do cuidado de enfermagem (MURAMATSU; MIYADAHIRA, 1996).

A avaliação é parte importante do processo de ensino aprendizagem. Domingos, Neves e Galhardo (1987) definem avaliação como o processo sistemático de determinar a extensão em que os objetivos educacionais foram alcançados pelos alunos. Com um método de avaliação adequado, é possível verificar a avaliação do progresso do aluno e a análise do desempenho do aluno em certos momentos e em diversas situações.

Normalmente, a avaliação da aprendizagem na saúde é realizada a partir de provas escritas, observação do desempenho do aluno em aula, trabalho escrito, seminário, prova prática e prova oral. De acordo com um estudo realizado por Rozendo (1999), a prova escrita, apontada por 79,3% dos professores participantes da pesquisa, se destaca como o instrumento de avaliação mais utilizado pelos docentes. A avaliação por meio de prova escrita tem suas vantagens e desvantagens. Como vantagem se dá a avaliação cognitiva do aluno, possibilitando a verificação da competência do aluno em organizar as ideias e em expressá-las por escrito. Como desvantagem é possível citar a falta de avaliação das habilidades técnicas dos alunos e o tempo necessário para a avaliação por parte do professor.

Um estudo acerca da prática pedagógica de professores do ensino superior de áreas da saúde, realizado por Castanho (2002), mostra que os professores se preocupam com o simplismo da avaliação que é feita, mas declaram ter dificuldades teóricas e práticas para alterá-la. Nesse mesmo estudo, uma entrevistada declarou que chega a corrigir novecentas provas por bimestre.

Segundo Satava, Gallagher e Pellegrini (2003), o relatório do *Institute of Medicine*, "*To Err is human*¹", não realçou só o número significativo de erros cometidos pelos profissionais, mas também as deficiências na avaliação do desempenho e da competência desses profissionais, sendo possível perceber que a avaliação dos conteúdos de áreas da saúde carece de métodos mais elaborados para conseguir avaliar as habilidades dos estudantes.

Um novo método de avaliação pode ser a avaliação realizada por um simulador baseado em RV. Entretanto, os métodos de avaliação do usuário dentro dos simuladores baseados em RV têm sido apontados como uma dificuldade no desenvolvimento desse tipo de aplicação. Isso ocorre devido à necessidade da definição de métricas de avaliação que consigam padronizar mecanismos de avaliação de habilidades em procedimentos específicos.

Normalmente, a avaliação nos simuladores é realizada a partir da criação de modelos avaliativos baseados em uma classificação fornecida por especialistas, ou a partir de dados

¹ <http://www.iom.edu/~media/Files/Report%20Files/1999/To-Err-is-human/To%20Err%20is%20Human%201999%20%20report%20brief.pdf>

baseados nos protocolos preconizados pelos conselhos federais. Segundo o Ministério da Saúde (BRASIL, 2008, p. 2), “os protocolos são recomendações desenvolvidas sistematicamente para auxiliar no manejo de um problema de saúde, numa circunstância clínica específica, baseados na melhor informação científica”. Entretanto, segundo Riva (2002), a falta de detalhamento de protocolos médicos dificulta o desenvolvimento dos simuladores de RV, obrigando os pesquisadores a gastarem muito tempo e dinheiro na concepção e desenvolvimento tanto de simuladores baseados em RV, como no detalhamento dos protocolos existentes.

O detalhamento dos protocolos se faz importante no desenvolvimento de simuladores baseados em RV, devido à necessidade da correta compreensão do problema para abordagem no simulador, como também para definir a variabilidade aceitável dos critérios utilizados na avaliação do usuário durante a realização do procedimento simulado. Com a variabilidade aceitável sendo detalhada nos protocolos, seria possível definir métricas de avaliação. O uso dessas métricas, as quais, segundo Satava, Gallagher e Pellegrini (2003, p. 935), “têm por objetivo proporcionar medições objetivas para cada um dos níveis de proficiência em cada uma das áreas de competência”, significa que a avaliação do usuário pelos simuladores certamente está seguindo aquilo que é colocado pelos protocolos.

As áreas definidas por Satava, Gallagher e Pellegrini (2003) são: habilidades cognitivas, habilidades clínicas e habilidades técnicas. As habilidades cognitivas são avaliadas por meio de testes com perguntas de múltipla escolha, apresentações baseadas em casos clínicos, problemas de gerência de pacientes e outras metodologias semelhantes. As habilidades clínicas podem ser treinadas e avaliadas por meio de exame clínico, no qual os alunos realizam um exame físico em pacientes que simulam uma doença específica. As habilidades técnicas, que tradicionalmente têm sido adquiridas através de orientação do professor, podem ser medidas usando modelos de simuladores de tecidos, testes baseados em computador e simulação baseada em realidade virtual.

Segundo Gallagher et al. (2005), para formular uma métrica é necessário “quebrar” um procedimento em seus componentes essenciais e, em seguida definir rigorosamente o que diferencia ideal de desempenho abaixo do ideal. A partir dessa definição pode ser possível avaliar a competência do estudante e observar onde se localiza as principais dificuldades enfrentadas.

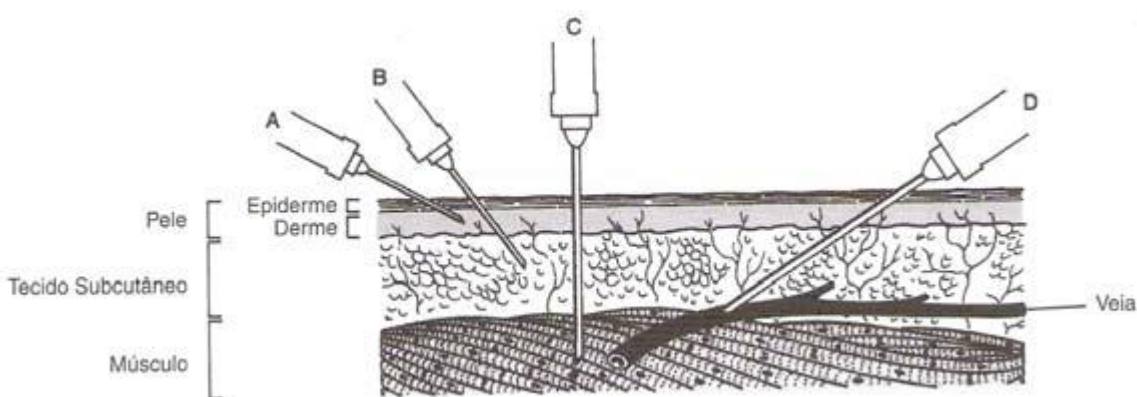
2.4 Administração de medicamentos Injetáveis

De acordo com Meneses et al. (2012, p. 223), “a administração de medicamentos é uma prática que viabiliza o acesso de fármacos e drogas, ao corpo humano, interagindo através de mecanismos de ação, próprios e característicos, para seu efeito e uso terapêutico, ao qual se pretende alcançar”. Essa administração pode ser feita por vias naturais (oral, retal, auricular, respiratória, etc.) e vias artificiais.

Dentre as vias artificiais, está a via parenteral, também conhecida por via injetável, pois se refere à administração de medicamentos por meio de injeções, utilizadas quando se deseja obter ação imediata do medicamento. Segundo Potter e Perry (2013), quando as medicações são fornecidas dessa maneira, configura-se um procedimento invasivo que é feito utilizando-se técnicas assépticas.

As vias de administração de medicamentos injetáveis, como mostra a figura 2, podem ser classificadas em: a) via intradérmica, que consiste na administração de medicamentos entre a pele e o tecido subcutâneo, ou seja, na derme; b) via subcutânea, que consiste na administração de medicamentos logo abaixo da superfície da pele, diretamente no tecido subcutâneo; c) via intramuscular, que consiste na aplicação de medicamento direto no músculo; e d) via endovenosa, que é utilizada para a administração de medicamentos, diretamente na corrente sanguínea a partir de uma veia.

Figura 2 - Vias de administração de medicamentos injetáveis



Fonte: Google Imagens

A escolha da via depende da ação que se espera de determinado medicamento. Na via subcutânea, a absorção do medicamento é mais lenta, isso porque, segundo

Potter e Perry (2013), o tecido subcutâneo não é tão ricamente suprido com sangue quanto os músculos. Já a via intramuscular possui uma absorção do medicamento mais rápida do que a via subcutânea, isso ocorre devido a maior vascularização do músculo. Entretanto, segundo Potter e Perry (2013), a injeção pela via intramuscular está associada a diversos riscos, por isso a sua utilização só deve ocorrer quando for realmente necessária. A via intradérmica possui aporte sanguíneo reduzido, na qual absorção do medicamento ocorre lentamente. Devido a isso, essa via normalmente é utilizada para testes cutâneos (p. ex testes alérgicos). Segundo Potter e Perry (2013), isso ocorre porque esses medicamentos são potentes, e se obtiverem absorção rápida os pacientes podem sofrer uma reação anafilática grave (reação aguda, súbita, grave e que compromete todo o organismo). A via endovenosa é utilizada quando se deseja uma ação mais rápida do medicamento, isso porque o medicamento é inserido diretamente na corrente sanguínea.

Segundo Potter e Perry (2013), cada tipo de injeção requer determinados tipos de habilidades para assegurar que a medicação atinja o local adequado. Para administrar um medicamento em uma via subcutânea deve-se estender firmemente a pele no local da injeção e inserir a agulha rapidamente em um ângulo de 45° a 90°. Para administrar um medicamento em uma via intramuscular, deve-se realizar uma prega muscular (segurar o corpo do músculo entre o polegar e os dedos) e inserir a agulha rapidamente em um ângulo de 90° no músculo. Para administrar um medicamento em uma via intradérmica, deve-se introduzir a agulha lentamente com o bisel voltado para cima em um ângulo de 5° a 15°. Para administrar um medicamento em uma via endovenosa deve-se selecionar a veia e garrotear (amarrar o garrote) 4 cm acima do local escolhido, fixar a veia e esticar a pele com a ajuda do dedo polegar e inserir a agulha com o bisel voltado para cima em um ângulo de 15°.

Além das habilidades, segundo Potter e Perry (2013), os materiais utilizados na administração de medicamentos também se diferenciam de acordo com cada via de aplicação. Existe uma grande variedade de seringas e agulhas disponíveis, e cabe ao enfermeiro determinar qual seringa e qual agulha será mais apropriada. As seringas se apresentam em diferentes tamanhos, de 0,5 a 60ml. De acordo com Potter e Perry (2013), não é comum o uso de uma seringa maior do que 5ml para administrar uma injeção. As Seringas de 1 a 3ml são indicadas para injeções subcutâneas ou

intramusculares. Seringas maiores são utilizadas para administrar medicamentos pela via endovenosa. Para injeções intradérmicas é recomendado o uso de seringas de até 1ml. As agulhas variam em comprimentos de $\frac{1}{4}$ a 3 polegadas. As agulhas mais longas (1 a $1\frac{1}{2}$) são recomendadas para injeções na via intramuscular e as mais curtas ($\frac{3}{8}$ a $\frac{5}{8}$ polegada) para injeções na via subcutânea (POTTER; PERRY, 2013).

2.5 Taxonomia de Bloom

A taxonomia de Bloom tem como objetivo ajudar no planejamento, organização e controle dos objetivos de aprendizagem (BLOOM et al., 1972). Taxonomia é uma forma de se estruturar e organizar um sistema pré-determinado.

Os objetivos educacionais propostos por Bloom et al. (1972) dividem-se em três domínios: cognitivo, psicomotor e afetivo. Cada domínio foi dividido em categorias apresentadas em hierarquia de complexidade do mais simples ao mais complexo, na qual uma depende da outra. Para subir a uma nova categoria, é necessário ter obtido um desempenho adequado na categoria anterior, pois cada uma utiliza capacidades adquiridas nas categorias anteriores. O domínio cognitivo está relacionado ao aprender, ou seja, aqueles objetivos vinculados à memória e ao desenvolvimento de capacidades e habilidades intelectuais. O domínio psicomotor envolve habilidades que combinam ações musculares e cognição. Neste domínio a aprendizagem envolve a aquisição de habilidades motoras com o aumento da complexidade da coordenação neuromuscular para a execução de movimentos físicos como andar, manipular equipamentos ou executar um procedimento (BASTABLE et al., 2011). O domínio afetivo está relacionado ao campo emocional e afetivo que incluem comportamentos, atitudes, respeito, emoções, responsabilidades e valores. Segundo Bloom et al. (1973), “os objetivos afetivos variam desde a atenção simples até fenômenos selecionados, até qualidades de caráter e de consciência complexas, mas internamente consistentes”.

O domínio cognitivo foi dividido em seis categorias: conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação. Entretanto, no ano de 2001, a partir de um convite da Associação de Psicologia Americana, um novo grupo, liderado por David Krathwohl, um pesquisador remanescente do grupo original do desenvolvimento da Taxonomia, divulgou o trabalho realizado de revisão e atualização da Taxonomia de Bloom apresentada em 1956. Segundo Ferraz e Belhot (2010) “Esse grupo tentou

buscar o equilíbrio entre o que existia, a estruturação da taxonomia original e os novos desenvolvimentos incorporados à educação nos quarenta e poucos anos de existência”. Nessa revisão foram combinados os tipos de conhecimento a serem adquiridos (dimensão do conhecimento) e o processo utilizado para a aquisição desse conhecimento (dimensão do processo cognitivo), dando um caráter bidimensional à taxonomia original.

Na taxonomia revisada a categoria conhecimento passou a medir a dimensão do conhecimento, sendo dividida em quatro categorias:

- Efetivo: está relacionado ao conteúdo básico que o estudante deve dominar para que consiga realizar e resolver problemas apoiados nesse conhecimento.
- Conceitual: relacionado à inter-relação dos elementos básicos num contexto mais elaborado que os discentes seriam capazes de descobrir.
- Procedural: relacionado ao conhecimento de “como realizar alguma coisa” utilizando métodos, critérios, algoritmos e técnicas.
- Metacognitivo: capacidade de utilizar conhecimentos previamente assimilados (interdisciplinares) para resolução de problemas e/ou a escolha do melhor método, teoria ou estrutura.

Na taxonomia revisada, as seis categorias do domínio cognitivo continuam existindo, entretanto, ao separar, conceitualmente, o conhecimento do processo cognitivo, ocorreram algumas mudanças. A primeira mudança foi na categoria CONHECIMENTO, cujo o nome foi alterado para LEMBRAR, porém os aspectos verbais utilizados na categoria CONHECIMENTO foram mantidos. A categoria COMPREENSÃO foi renomeada para ENTENDER e as categorias APLICAÇÃO, ANÁLISE, SÍNTESE e AVALIAÇÃO, foram alteradas para a forma verbal APLICAR, ANALISAR, SINTETIZAR e CRIAR, por expressarem melhor a ação pretendida e serem condizentes com o que se espera de resultado a determinado estímulo de instrução. Além da troca de nomes, as categorias AVALIAÇÃO e SÍNTESE (AVALIAR e CRIAR) foram trocadas de lugar.

A figura 3 apresenta a tabela bidimensional com a nova classificação da taxonomia de Bloom. A dimensão conhecimento pertence à coluna vertical e o processo cognitivo à coluna horizontal. Nas células, formadas pela intersecção das dimensões, são inseridos os objetivos.

Figura 3 - Tabela bidimensional do processo cognitivo na taxonomia revisada.

		A Dimensão do Processo Cognitivo					
		Lembrar	Entender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
A Dimensão do conhecimento	Efetivo						
	Conceitual						
	Procedural						
	Metacognitivo						

Fonte: Elaborada pelo autor

O domínio psicomotor envolve habilidades que combinam ações musculares e cognição. Neste domínio a aprendizagem envolve a aquisição de habilidades motoras com o aumento da complexidade da coordenação neuromuscular para a execução de movimentos físicos como andar, manipular equipamentos ou executar um procedimento (BASTABLE et al., 2011).

Segundo Ferraz e Belhot (2010), Bloom e sua equipe não chegaram a definir uma taxonomia para a área psicomotora, mas outros o fizeram, surgindo três classificações para o domínio psicomotor (DAVE, 1970; HARROW, 1972; SIMPSON, 1972).

A classificação de Dave (1970) é a interpretação mais citada e utilizada pelos educadores. Ela é apropriada para a maioria das formações de adultos no local de trabalho. Essa classificação é dividida em cinco categorias:

- Imitação: esta categoria diz respeito a capacidade de observar a ação do outro para reproduzi-la, ou seja, copiar a ação do outro.

- Manipulação: esta categoria diz respeito a capacidade de seguir as instruções, ou seja, memorizar um procedimento e conseguir reproduzi-lo.
- Precisão: esta categoria diz respeito a capacidade de executar a habilidade de forma confiável e independente de ajuda.
- Articulação: esta categoria diz respeito a capacidade de adaptar, combinar e integrar conhecimentos para satisfazer um objetivo fora do padrão.
- Naturalização: esta categoria diz respeito a capacidade de automatizar, domínio inconsciente de atividade e habilidades relacionadas a nível estratégico, ou seja, torna-se perito naquela atividade.

A classificação de Harrow (1972), é particularmente útil para desenvolver habilidades para expressar, transmitir e/ou influenciar sentimentos. Essa classificação está organizada de acordo com o grau de coordenação envolvido na atividade motora, incluindo desde respostas involuntárias até competências aprendidas e é dividida em seis categorias:

- Movimento reflexivo: diz respeito a capacidade do estudante em reagir involuntariamente a determinada atividade, ou seja, são ações praticadas sem aprendizado à resposta de algum estímulo.
- Movimentos básicos fundamentais: são movimentos simples que são formados pela combinação de movimentos reflexivos e são a base para movimentos de habilidades mais complexas.
- Habilidades perceptivas: esta categoria refere-se à interpretação de vários estímulos que permitem fazer ajustes ao ambiente.
- Habilidades físicas: diz respeito a todas as atividades que requerem esforço intenso por longo período de tempo, ou seja, atividades que exige, resistência, vigor e agilidade.
- Movimentos especializados: diz respeito a capacidade do estudante em realizar operações complexas.

- Comunicação não discursiva: capacidade de se comunicar através de movimentos corporais significativamente expressivos, como expressões faciais e sofisticadas coreografias.

A classificação de Simpson (1972), é apropriada para a formação de crianças e adultos envolvendo habilidades novas e desafiadoras. Essa abordagem tem sete níveis, começando com o nível mais simples de percepção:

- Percepção: está ligada a capacidade da utilização da consciência, para usar ou selecionar sentidos para absorver dados utilizados para guiar movimentos.
- Configuração: está relacionada a capacidade de prontidão na preparação mental, física e emocional antes da tarefa.
- Resposta Guiada: está relacionada ao esforço na tentativa de imitar ou seguir instruções.
- Mecanismo: capacidade de proficiência básica para responder de forma competente aos estímulos.
- Resposta Complexa: capacidade de proficiência especialista para executar um processo complexo com especialista.
- Adaptação: capacidade de proficiência adaptável para alterar resposta para atender desafios variados.
- Criação: capacidade de proficiência criativa para desenvolver e executar novas respostas/atividades integradas.

A figura 4 apresenta a hierarquia do domínio psicomotor de acordo com as classificações de Dave (1970), Harrow (1972) e Simpson (1972).

Figura 4 - Classificações do Domínio Psicomotor


Classificação de Dave	Classificação de Harrow	Classificação de Simpson
Naturalização	Comunicação não discursiva	Criação
Articulação	Movimentos especializados	Adaptação
Precisão	Habilidades físicas	Resposta complexa
Manipulação	Habilidades perceptivas	Mecanismo
Imitação	Movimentos básicos fundamentais	Resposta Guiada
	Movimento reflexivo	Configuração
		Percepção

Fonte: Elaborada pelo autor

O domínio afetivo está relacionado ao campo emocional e afetivo que incluem comportamentos, atitudes, respeito, emoções, responsabilidades e valores. Segundo Bloom et al., 1973), “os objetivos afetivos variam desde a atenção simples até fenômenos selecionados, até qualidades de caráter e de consciência complexas, mas internamente consistentes”.

Esse domínio foi classificado em cinco categorias projetadas para terem uma ordem hierárquica, ou seja, da mais baixa à mais alta. As categorias são:

- **Acolhimento:** esta categoria diz respeito a sensibilização do estudante a acolher o que se está aprendendo, ou seja, se o estudante está apropriadamente orientado a aprender o que o professor pretende ensinar. Esta categoria foi dividida em três subcategorias, para indicar três níveis diferentes de prestar atenção ao que se está aprendendo. As três subcategorias são: percepção, disposição para receber e atenção controlada ou seletiva. A percepção está voltada ao dar-se conta, sem discriminação ou reconhecimento das características objetivas do objeto. Subindo um degrau na escada, temos a subcategoria Disposição para Receber, que descreve o comportamento de estar disposto a tolerar um estímulo dado, não o evitando. A última subcategoria é a Atenção

Controlada ou Seletiva, que diz respeito ao controle da atenção do que se aprende, ou seja, o estímulo preferido é selecionado e lhe é dada atenção, em relação a estímulos concorrentes e que podem distrair.

- Resposta: segundo Bloom et al. (1973) esta é a categoria que muitos professores acharão que melhor descreve seus objetivos de “interesse”. Este termo é usado para indicar o desejo de que um estudante se torne suficientemente envolvido ou comprometido com um assunto, fenômeno ou atividade, que procurará e obterá satisfação, trabalhando ou se entregando ao mesmo. Esta categoria também é dividida em três subcategorias: Aquiescência na Resposta, Disposição para Responder e Satisfação na resposta. A Aquiescência na Resposta está relacionada a “submissão”, ou seja, o estudante dá a resposta, mas não aceitou completamente a necessidade de fazê-lo. A Disposição para Responder está ligada ao termo “disposição”, ou seja, a capacidade para atividade voluntária. A Satisfação na Resposta diz respeito a uma resposta emocional, geralmente de prazer, gosto ou satisfação que acompanha uma resposta voluntária.
- Valorização: Esta categoria também foi dividida em três subcategorias: Aceitação de um Valor, Preferência por um Valor e Cometimento. A Aceitação de um Valor é o nível mais baixo da valorização, ou seja, o nível mais baixo da certeza. A Preferência por um valor diz respeito ao indivíduo está suficientemente comprometido com o valor, para buscá-lo, procurá-lo e querê-lo. O Cometimento envolve um grau mais alto de certeza, ou seja, a pessoa que manifesta comportamento neste nível, é claramente percebida como adotando o valor.
- Organização: esta categoria é a classificação apropriada para objetivos que descrevem os inícios da construção de um sistema de valores. “É subdividida em dois níveis, desde que um pré-requisito para a inter-relação é a conceitualização do valor numa forma que permita organização” (BLOOM et al, 1973). A Conceitualização, primeiro nível/subcategoria, é a capacidade do indivíduo de perceber como os

valores se relacionam àqueles que ele já adotou ou aos novos, que venha a adotar. O segundo nível/subcategoria, é a Organização de um Sistema de Valores, que diz respeito a capacidade do estudante de reunir um complexo de valores, possivelmente desiguais, e que neles consiga introduzir uma relação ordenada entre si.

- **Caracterização:** Dois aspectos constituem as subcategorias deste nível, a Direção Generalizada e a Caracterização. A Direção Generalizada é uma resposta seletiva num nível muito alto, ou seja, é uma resposta persistente e consistente a um grupo de situações ou objetivos relacionados. Na subcategoria Caracterização estão aqueles objetivos, que dizem respeito à visão que a pessoa tem do universo, à sua filosofia de vida.

A figura 5 apresenta a hierarquia do domínio afetivo. A primeira coluna apresenta cinco categorias organizadas de acordo com o nível do domínio. A segunda coluna apresenta as subcategorias dos níveis.

Figura 5 - Hierarquia do Domínio Afetivo.



Domínio Afetivo	
Caracterização	I. Direção Generalizada II. Caracterização
Organização	I. Conceitualização de um Valor II. Organização de um Sistema de Valores
Valorização	I. Aceitação de um Valor II. Preferência por um Valor III. Cometimento
Resposta	I. Aquiescência na Resposta II. Disposição para Responde III. Satisfação na Resposta
Acolhimento	I. Percepção II. Disposição para Receber III. Atenção Controlada ou Seletiva

Fonte: Elaborada pelo autor.

2.6 Considerações finais

Neste capítulo foram apresentados conceitos de realidade virtual com ênfase na saúde. Além disso, foi discutido o uso de simuladores baseados em realidade virtual para treinamento em saúde, assim como a necessidade de definir métricas de avaliação para serem utilizadas em ferramentas de avaliação dos simuladores de RV. O capítulo também apresentou as definições e conceitos do procedimento da administração de medicamentos injetáveis (procedimento abordado no simulador desenvolvido neste trabalho) e as definições e conceitos da taxonomia dos objetivos educacionais de Bloom.

A partir dos dados apresentados, pode-se observar os benefícios da realidade virtual aliada a simuladores para treinamento de procedimentos médicos. Características como imersão, interação e envolvimento possibilitam a esses simuladores prover novas possibilidades de ensino e avaliação. O ensino está ligado a aquisição do conhecimento, adquirido através da transferência de conhecimentos e habilidades técnicas a partir do uso dos simuladores. A avaliação é importante a partir do momento que se percebeu a carência de métodos de avaliação das competências e habilidades dos profissionais de saúde, especialmente das habilidades psicomotoras, pois é difícil medir a competência do indivíduo quando se realiza procedimentos que exigem habilidades manuais.

Com o estudo foi possível perceber que para avaliar essas habilidades em simuladores baseados em RV é necessária a definição de métricas que consigam medir o grau de habilidade do usuário. Entretanto, a modelagem destas tem sido apontada na literatura como um processo empírico e pouco alinhado com os protocolos preconizados pelos conselhos federais. Duas maneiras de realizar essa avaliação podem ser:

- a) a partir da criação de modelos avaliativos baseados em uma classificação fornecida por especialistas, ou seja, os especialistas utilizam o simulador e classificam aquilo que é bom ou ruim, rotulando os procedimentos, para posterior construção de um modelo de avaliação que será acoplado ao simulador (MORAES e MACHADO, 2012);
- b) a partir de dados baseados nos protocolos preconizados pelos conselhos federais. Entretanto, é preciso conhecer a variabilidade aceitável, um problema

que é resolvido pela classificação feita por profissionais, que dizem o que é certo ou errado (item (a)). Por outro lado, com esta abordagem só é possível conhecer a opinião de um ou dois profissionais para a construção do modelo de avaliação, enquanto se baseando em métricas, significa que certamente está sendo seguido aquilo que é indicado pelos protocolos. Entretanto, para calibrar um modelo de avaliação nos sistemas baseados em RV é preciso conhecer as variações aceitáveis, o que não está estabelecido nos protocolos.

Durante o estudo, também foi possível perceber que, para administrar os medicamentos injetáveis de forma segura o profissional deve conhecer diversos conceitos relacionados a esse processo, como por exemplo, as regiões de aplicação de cada via, o grau de inserção da agulha, a técnica de antisepsia, os dispositivos de infusão e as técnicas de aplicação. Além de conhecer as técnicas de aplicação, é necessário que o profissional consiga realizá-las de forma eficiente, preservando o bem-estar do paciente. Isso exige mais treinamento por parte do profissional, o que justifica o uso de um simulador para auxiliar no treinamento desse procedimento. Nesse contexto, fica clara a relevância da modelagem de métricas para o procedimento de administração de medicamentos injetáveis, bem como a definição da variabilidade aceitável.

A partir dessas observações, é possível concluir que simuladores baseados em realidade virtual podem ser utilizados para o treinamento de procedimentos médicos, como também podem prover a avaliação automática das habilidades cognitivas e psicomotoras dos estudantes.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentados os métodos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho. Durante o estudo, foi necessário realizar uma revisão a fim de conhecer o estado da arte acerca de simuladores de RV para procedimentos que fizessem uso de agulha, realizar um estudo sobre os aspectos conceituais do procedimento de administração de medicamentos injetáveis e as métricas utilizadas no processo de avaliação de estudantes quanto às suas habilidades psicomotoras.

3.1 Revisão sistemática

Com o propósito de identificar simuladores de realidade virtual para treinamento de procedimentos médicos que utilizam agulhas, foi realizada uma pesquisa na literatura, que consistiu em um levantamento em bases de pesquisas da área da saúde e da computação para que fosse possível conhecer o estado da arte acerca deste tipo de simulador.

O objetivo da pesquisa foi conhecer trabalhos publicados que poderiam servir de modelo ou que apresentassem semelhanças com este trabalho, buscando identificar os simuladores de treinamento baseados em RV que abordassem procedimentos médicos que utilizam agulhas. A pesquisa ocorreu entre os meses de fevereiro e março de 2014 nas seguintes bases: BVS, ACM, BDBcomp, IEEE, Elsevier e google acadêmico. As palavras chaves utilizadas foram: instrução por computador, injeção, punção, treinamento, realidade virtual, ambiente virtual, anestesia, anestesia virtual, simulador, agulha, *computer instruction, injection, puncture, training, virtual reality, virtual environment, anesthesia, virtual anesthesia, simulator, needle*.

Como critérios de inclusão na pesquisa foram considerados artigos que contivessem as palavras-chave no título e/ou no resumo. Os resultados deviam atender a seguinte questão: Os trabalhos apresentam simuladores baseados em realidade virtual para o treinamento de procedimentos médicos que necessitem da utilização de agulha? A partir dos resultados da busca, verificou-se a relevância e o atendimento aos critérios

de inclusão e à questão, para posterior análise dos trabalhos. Em seguida, realizou-se a leitura dos resumos e dos documentos na íntegra.

3.2 Estudo dos aspectos conceituais

Este trabalho tem como objetivo geral desenvolver uma ferramenta de treinamento baseada em realidade virtual para a administração de medicamentos injetáveis. Para começar a modelar o problema e facilitar a organização do conhecimento, correlacionando todos os conceitos envolvidos no procedimento de administração de medicamentos injetáveis, foi construído um mapa conceitual. “Os mapas conceituais podem ser definidos como um conjunto de conceitos articulados numa rede proposicional” (CICUTO; MENDES e CORREIA, 2013, p. 2). Eles facilitam o estabelecimento de associações conceituais sólidas.

O mapa conceitual foi construído a partir do levantamento dos conceitos que envolvem todo o processo da administração de medicamentos injetáveis. O levantamento e a identificação desses conceitos ocorreram através de pesquisas à literatura (MENESES et al., 2012; POTTER; PERRY, 2013; TORRIANI; ISABEL; SANTOS, 2011) e de reuniões com profissionais e estudantes da área. A partir das pesquisas, foram definidas três grandes categorias a serem consideradas no processo de administração de medicamentos injetáveis: Antissepsia, Técnica e Anatomia. Do mesmo modo, identificaram-se os subtemas de cada categoria, permitindo maior detalhamento dos conceitos relacionados à administração de medicamentos injetáveis para subsidiar a construção do mapa conceitual.

3.3 Estudo de métricas utilizadas no processo de avaliação de estudantes quanto às suas habilidades psicomotoras

Inicialmente foi realizado um estudo nas diretrizes curriculares nacionais (DCN) dos cursos de saúde e nas resoluções do Conselho Federal de Enfermagem - COFEN, buscando identificar métricas de avaliação para o procedimento de administração de medicamentos injetáveis.

Após o estudo das DCN e das resoluções do COFEN, observou-se que seria necessário realizar um estudo mais aprofundando acerca das métricas utilizadas para avaliação do procedimento. A partir disto, com o estudo dos conceitos e técnicas

relacionados à administração de medicamentos injetáveis realizado anteriormente, foi necessário realizar o detalhamento do protocolo de administração de medicamentos injetáveis.

3.4 Detalhamento do protocolo de administração de medicamentos injetáveis

Considerando a taxonomia de Bloom (BLOOM et al., 1972) o protocolo da administração de medicamentos injetáveis foi detalhado nos domínios cognitivo e psicomotor. Desta maneira, as tarefas que exigem habilidades cognitivas foram separadas daquelas que exigem habilidade psicomotoras.

3.5 Definição da variabilidade das métricas

A definição da variabilidade das métricas foi realizada a partir de uma pesquisa com docentes que ministravam, no ano de 2015, disciplinas que incluem a prática das técnicas de administração de injetáveis nos cursos de Enfermagem e de Medicina nas instituições de ensino superior da cidade de João Pessoa na Paraíba. A amostra total foi composta de 22 docentes, sendo que 20 participaram da pesquisa. Os docentes foram submetidos a um questionário, elaborado a partir do detalhamento do procedimento de medicamentos por vias injetáveis e do livro Fundamentos de Enfermagem (POTTER e PERRY, 2013), no qual puderam expressar a variabilidade aceita durante o processo de avaliação das habilidades de discentes.

3.6 Proposta do simulador

O estudo dos aspectos conceituais relacionados ao procedimento de administração de medicamentos injetáveis e a modelagem do problema, foram essenciais para definir como o procedimento seria abordado em um simulador de realidade virtual. A partir desses estudos todas as cenas do simulador foram modeladas buscando sempre estar de acordo com as DCN dos cursos de saúde e das resoluções do COFEN.

A parte de avaliação foi definida de acordo com o mapa conceitual e com as métricas definidas neste trabalho. As métricas foram definidas a partir do detalhamento do protocolo de administração de medicamentos injetáveis.

4 TRABALHOS CORRELATOS

Neste capítulo são apresentados trabalhos presentes na literatura que se correlacionam com o tema deste trabalho. Na seleção dos trabalhos, foi possível perceber que o tema administração de medicamentos por vias injetáveis é escasso nos sistemas de realidade virtual. Devido a isso, os trabalhos selecionados não apresentam o tema, mas os procedimentos abordados fazem uso de agulhas. Baseado nesse critério, foram selecionados 27 trabalhos.

Durante o estudo dos trabalhos, buscou-se conhecer como os simuladores baseados em RV que abordam procedimentos que fazem uso de agulhas estavam sendo desenvolvidos. Sendo assim, foram observadas 6 características dos simuladores: simuladores Baseados em RV, simuladores com métricas de avaliação, avaliação do usuário realizada pelo simulador, trabalha variabilidade das métricas, possui retorno háptico e qual dispositivo háptico utilizado.

No quadro a seguir estão dispostos todos os trabalhos selecionados, apresentando as características dos simuladores. Os trabalhos foram listados por data, do mais antigo ao mais recente, podendo ser observada a evolução das características dos simuladores com o passar dos anos.

Quadro 1: Características dos simuladores que abordam procedimentos médicos que utilizam agulhas

Artigos	Baseados em RV	Relatório da simulação	Avaliação automática	Trabalha variabilidade de das métricas	Retorno háptico	Dispositivo de interação
MERRIL et al. (1993)	Sim	Não	Não	Não	Não	<i>Power Glove</i> (Luva de dados)
SINGH et al. (1994)	Sim	Não	Não	Não	Sim	Dispositivo próprio
URSINO et	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	AccuTouch

al. (1999)				informado		
ZORCOLO et al. (1999)	Sim	Não	Não	Não	Sim	Phantom
GORMAN et al. (2000)	Sim	Não	Não	Não	Sim	Phantom Desktop 1.5
DANG et al. (2001)	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Phantom
RA et al. (2001)	Sim	Sim	Sim	Não informado	Sim	Phantom
WEBSTER et al. (2001)	Sim	Não	Não	Não	Sim	Phantom Desktop 1.5
MACHADO et al. (2002)	Sim	Não informado	Não informado	Não informado	Sim	Não informado
HARAMOTO et al. (2004)	Sim	Sim	Sim	Não informado	Não	Teclado e mouse
VIDAL et al. (2005)	Sim	Não	Não	Não	Sim	Phantom Desktop
MAYOORAN et al. (2006)	Sim	Sim	Sim	Não informado	Sim	Não informado
HENG et al. (2006)	Sim	Sim	Sim	Não informado	Sim	Phantom Desktop
CHUI et al. (2006)	Sim	Não informado	Não informado	Não informado	Sim	Delta Haptic
HU et al. (2007)	Sim	Não informado	Não informado	Não informado	Sim	Não informado

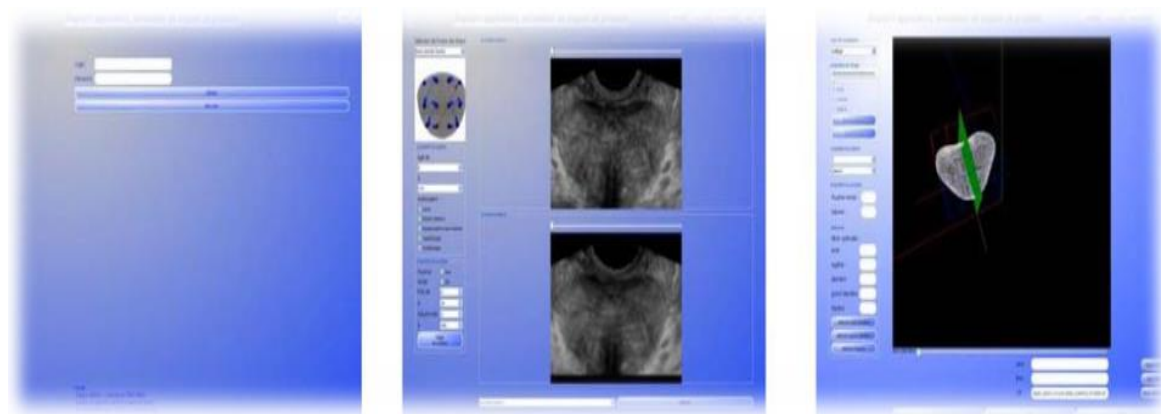
FOREST et al. (2007)	Sim	Sim	Sim	Não informado	Sim	Phantom Omni
BIBIN et al. (2008)	Sim	Não	Não	Não	Não	Mouse e teclado
SOUZA et al. (2008)	Sim	Não informado	Não informado	Não informado	Sim	Phantom Omni
GROTTKE et al. (2009)	Sim	Não informado	Não informado	Não informado	Sim	Phantom Omni
CHOI, SOO e CHUNG (2009)	Sim	Sim	Não	Não informado	Sim	Phantom Omni
OKRAINE C et al. (2009)	Sim	Não	Não	Não informado	Sim	Não informado
ZHANG et al. (2010)	Sim	Não informado	Não informado	Não informado	Sim	PHANTOM M Premium 3.0
JANSSOONE et al. (2011)	Sim	Sim	Sim	Não informado	Sim	Phantom
CHALASANI et al. (2011)	Sim	Sim	Sim	Não informado	Sim	Não informado
CORREA et al. (2013)	Sim	Sim	Sim	Não informado	Não	Mouse e teclado
CORRÊA et al. (2013a)	Sim	Não	Não	Não	Sim	Phantom
GOKSEL et al.	Sim	Não informado	Não informado	Não informado	Sim	PHANTOM M

(2013)		o				Premium e Omni
--------	--	---	--	--	--	-------------------

Um dos pontos de interesse no estudo foi em relação a avaliação automática do usuário nesses simuladores. Essa avaliação refere-se àqueles simuladores que apresentam um resultado do treinamento do usuário. Ou seja, se o usuário obteve sucesso ou não naquele treinamento. Diferente de alguns simuladores que apresentam dados ao usuário, entretanto esses dados não são avaliados pelo simulador, e sim por especialistas. Observando o quadro, é possível perceber que a maioria dos simuladores não apresentam esse tipo de avaliação do usuário ou não informam se esse tipo de avaliação existe naquele simulador.

Um trabalho que apresenta um simulador que possui avaliação automática do usuário é o de Janssoone et al. (2011). O simulador, nomeado Biopsym (Figura 6), aborda o procedimento de biópsia de próstata guiada por ultrassom. Entretanto, o trabalho não explica quais são as métricas de avaliação do usuário e se existe uma variabilidade aceitável ou não para essas métricas. Os autores apenas citam que utilizaram acompanhamento de médicos especialista durante o desenvolvimento do simulador. Incluindo este trabalho, 11 dos trabalhos pesquisados apresentam relatório da simulação, sendo que apenas 9 apresenta avaliação automática do usuário.

Figura 6 - Telas do Biopsym



Fonte: JANSOONE et al. (2011)

Mesmo assim, diferente do trabalho de Janssone et al. (2011), alguns trabalhos descrevem quais são as métricas de avaliação e como elas foram definidas. Como

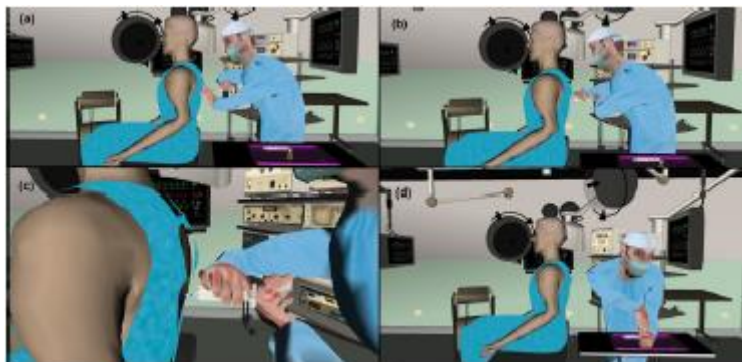
exemplo, podemos citar o trabalho de Ra et al. (2001), que apresenta um simulador cirúrgico para biópsia por agulha de coluna vertebral. Para compreender o procedimento e definir as métricas de avaliação do usuário, médicos especialistas acompanharam o desenvolvimento do simulador. Com a ajuda desses especialistas, foram selecionados alguns pontos de avaliação, tais como: posição final da ponta da agulha, que representa o nome do órgão final onde a ponta da agulha está localizada no final da simulação; lista de órgãos críticos perfurados, que fornece os nomes dos órgãos críticos que a ponta da agulha tocou; desvio máximo do caminho planejado, que representa a distância máxima da ponta da agulha para o caminho planejado durante a simulação, se o valor for alto, o estagiário é considerado inábil; número de ensaios, que é o número de tentativas do usuário, esse número é incrementado por 1 quando a ponta da agulha se move para trás a partir da lesão e em seguida move-se para frente, quando o valor for alto, o usuário é considerado inábil; e tempo total gasto, que representa o tempo total gasto para executar a missão.

No trabalho de Janssone et al. (2011), embora seja reconhecido que exista uma variabilidade aceitável ou não, essa variabilidade não é descrita e nem é dita como ela é estabelecida. A variabilidade das métricas de avaliação foi outra característica de interesse no estudo desses trabalhos. Como é possível observar no Quadro 1, nenhum trabalho definiu a variabilidade aceitável ou não informou se essa variabilidade foi definida.

Outro trabalho que descreve quais foram as métricas de avaliação definidas foi o trabalho de Correa et al. (2013). Os autores apresentam um simulador baseado em RV para o treinamento de punção pleural (Figura 7). Para compreender o procedimento e os critérios de avaliação, um médico e doutor em anatomia humana participou durante todo o desenvolvimento desse simulador, acompanhando todas as etapas de desenvolvimento. O médico foi responsável por orientar como o procedimento é feito e quais são os parâmetros mais relevantes a serem analisados, de forma automática e em tempo real, pelo módulo de avaliação. Além disso, o trabalho também usou como referência um artigo de uma médica especialista, no qual todo o procedimento é descrito. Apesar dessa preocupação em mostrar como os parâmetros de avaliação foram estabelecidos, os autores não descrevem se existe uma variabilidade aceitável ou não das métricas de avaliação. Apesar de ser um simulador que aborda o treinamento de

habilidades psicomotoras, os autores optaram por não se preocupar com as sensações táteis, dando ênfase as sensações visuais, utilizando um capacete modelo xSight 3120 da Sensics.

Figura 7 - Médico virtual executando a punção pleural.



Fonte: CORRÊA et al. (2013)

O retorno háptico é um fator importante em simuladores que abordam procedimentos que exigem habilidades psicomotoras. Os procedimentos que utilizam agulha exigem esse tipo de habilidade. Devido a isso, o retorno háptico também foi uma característica de interesse durante o estudo dos trabalhos, no qual buscou-se conhecer se os simuladores apresentavam esse tipo de retorno e qual dispositivo háptico eles estavam utilizando.

Observando o Quadro 1, é possível perceber que os dispositivos de interação mais utilizados foram os dispositivos hápticos. O Phantom, dispositivo háptico desenvolvido pela Sensable², é o mais utilizado. Atualmente esse dispositivo é desenvolvido pela Geomagic³ e recebe o nome de Geomagic Touch.

O simulador apresentado no trabalho de Corrêa et al. (2013a), utiliza o dispositivo Phantom para proporcionar retorno háptico ao usuário. O trabalho apresenta uma análise dos problemas do treinamento em aplicação de anestésias odontológicas e traz a possibilidade de solucionar esse problema através da realidade virtual. A proposta foi desenvolver um simulador de realidade virtual que envolvesse as etapas de manipulação, inserção e extração da agulha de uma estrutura anatômica, no qual a tarefa

² <http://www.dentsable.com/haptic-phantom-omni.htm>

³ <http://www.geomagic.com/en/products-landing-pages/haptic>

do usuário consiste em atingir um determinado ponto da estrutura anatômica utilizando uma agulha. A manipulação da agulha é realizada por meio do dispositivo háptico Phantom, consistindo em movimentos de translação e rotação em três eixos.

Durante o estudo, também foi possível perceber que existem simuladores que abordam procedimentos que exigem o uso de mais de um dispositivo háptico. Como por exemplo o simulador apresentado no trabalho de Choi, Soo e Chung (2009). O simulador aborda o procedimento de cirurgia de catarata com faco emulsificação. O sistema é capaz de simular os procedimentos de três operações faco (incisão na córnea, capsulorrexia e faco escultura). O simulador é equipado com um par de dispositivos hápticos Phantom Omni (Figura 8). Esses dispositivos possuem 6 graus de liberdade cada um, que serve para o usuário poder manipular ferramentas virtuais com as duas mãos e realizar operações cirúrgicas no ambiente virtual.

Figura 8 - Simulador de cirurgia de catarata equipado com dois dispositivos háptico.



Fonte: CHOE et al. (2009)

Dos trabalhos estudados, o que mais se assemelha ao simulador desenvolvido neste trabalho é o de Ursino et al. (1999). Os autores apresentam um simulador que é utilizado para treinar profissionais da saúde para realizar procedimentos médicos com agulhas, que atualmente possui um módulo que ensina aos usuários as técnicas de cateterização intravenosa. Entretanto esse simulador é um simulador híbrido. Esse simulador é conhecido como Cathsim e atualmente está disponível comercialmente no mercado, sendo adquirido por várias instituições de ensino e hospitais. O sistema CathSim inclui o software e um dispositivo de interface de force feedback.

No simulador o procedimento de cateterização é dividido em quatro partes: pré-procedimento, preparação, procedimento e pós-procedimento. As partes de pré-procedimento (por exemplo, o posicionamento do paciente) abordam principalmente o nível cognitivo e, portanto, são apresentadas em um vídeo. As etapas de preparação (por exemplo, a antisepsia do local de inserção) exigem mais técnica e por isso são ensinados com o uso de multimídias interativas que fornecem *feedback* visual realista para solidificar o aprendizado. As etapas de procedimento consistem na inserção da agulha através da pele e na veia, e subsequente avanço do cateter e de remoção da agulha. Estas etapas são realizadas com o auxílio do AccuTouch (Figura 9), que é um dispositivo de interface que permite ao usuário interagir com o ambiente virtual. Esse dispositivo simula as mãos do usuário no ambiente virtual, permitindo 6 graus de liberdade e proporcionando *feedback* de força para os procedimentos de picada de agulha. Para proporcionar o *feedback* de força, o software de simulação calcula as forças que o conjunto cateter/agulha encontraria e fornece comandos de *feedback* de força para o dispositivo AccuTouch, que por sua vez são sentidas pelo usuário como a sensação característica da agulha perfurando a pele, as paredes das veias e os atritos encontrados devido o tecido subcutâneo. Finalmente, as etapas de pós-procedimento são ensinadas com texto e vídeo. Como parte do programa de pós-procedimento, é fornecida uma avaliação da performance do usuário. As ações do usuário são gravadas para análise e reprodução. Os alunos recebem um *feedback* sobre o seu desempenho depois do procedimento, bem como em tempo real de áudio e *feedback* visual do paciente virtual (por exemplo, o início visível de um hematoma).

Figura 9 - AccuTouch



Fonte: URSINO et al. (1999)

4.1 Considerações

A partir do estudo realizado, não foram encontrados simuladores totalmente baseados em realidade virtual que abordassem o tema de administração de medicamentos por vias injetáveis. A maioria dos sistemas disponíveis são para o treinamento de outros procedimentos que utilizam agulha, como por exemplo, biópsia e anestesia. Sendo assim, neste capítulo foram abordados os trabalhos mais relevantes entre os 27 selecionados, que possuem características que se mostraram mais próximas ao contexto deste trabalho.

A maioria dos trabalhos pesquisados apresentam métricas para avaliar o usuário. Exemplos desses parâmetros são: posição final da ponta da agulha, uma lista de órgãos críticos perfurados, o desvio máximo do percurso previsto, força utilizada, o número de tentativas, e o tempo total gasto no procedimento. Entretanto, os autores não fazem menção se trabalham a questão da variabilidade das métricas de avaliação. Como por exemplo: qual a variabilidade aceitável da força de inserção de uma agulha? Assim, a modelagem dessas métricas está sendo realizada a partir de referência de livros e artigos e Auxílio de especialistas. O único trabalho que cita a utilização de protocolos padronizados é o trabalho desenvolvido por Ursino et al. (1999).

Os dispositivos de interação mais utilizados foram os dispositivos hápticos. Esse fato pode ser justificado porque com retorno háptico a simulação pode se tornar mais realista, podendo aumentar o nível de aprendizado. Dentre os dispositivos hápticos, o mais utilizado é o Phantom. Talvez isso ocorra pelo fato de que a forma da caneta do dispositivo se assemelha bastante a uma seringa, aumentando a realidade do procedimento e facilitando a manipulação do dispositivo.

Com esse estudo, foi possível concluir que o uso de fato dos simuladores para treinamento em saúde ainda carece de implementar formas de avaliação das habilidades dos usuários, sendo que parte destes objetiva apenas a prática simulada sem que haja uma ferramenta de avaliação vinculada ao sistema. A partir das informações apontadas no presente trabalho, é possível observar a necessidade de maior discussão e aprofundamento nos requisitos necessários para a construção de uma ferramenta de treinamento com avaliação automática coerente com as práticas médicas preconizadas pelos conselhos federais de classe.

A disponibilização de ferramentas de treinamento em saúde baseadas em RV que incluam a avaliação automática de habilidades psicomotoras pode contribuir para a adoção das mesmas em processos de capacitação, bem como apontam para uma tendência de uso desse tipo de ferramenta como auxiliares em processos de certificação.

5 DESENVOLVIMENTO

Com o advento da RV é possível perceber a utilização de simuladores baseados em RV para o treinamento de diversos procedimentos médicos. Todas as aplicações apresentadas neste trabalho são baseadas em RV e contemplam diversos procedimentos médicos. Porém, não foi encontrado nenhum simulador totalmente baseado em realidade virtual que contemplasse o procedimento de administração de medicamentos por vias injetáveis. Além disso, pode-se notar que os simuladores baseados em RV para o treinamento de procedimentos que fazem uso de agulha, possuem dificuldades em relação a avaliação das habilidades psicomotoras, pois parte dos sistemas apresentados não definem métricas de avaliação para o procedimento abordado e os que definem não descrevem como foi estabelecida a variabilidade dessas métricas. As métricas são importantes para mensurar e avaliar o conhecimento de forma eficaz e por isso devem ser bem elaboradas.

Com o intuito de suprir tais necessidades, se faz necessário desenvolver um simulador voltado ao processo de educação em saúde, para auxiliar estudantes da área de saúde humana no treinamento da administração de medicamentos por vias injetáveis que englobe um módulo de avaliação automática do usuário.

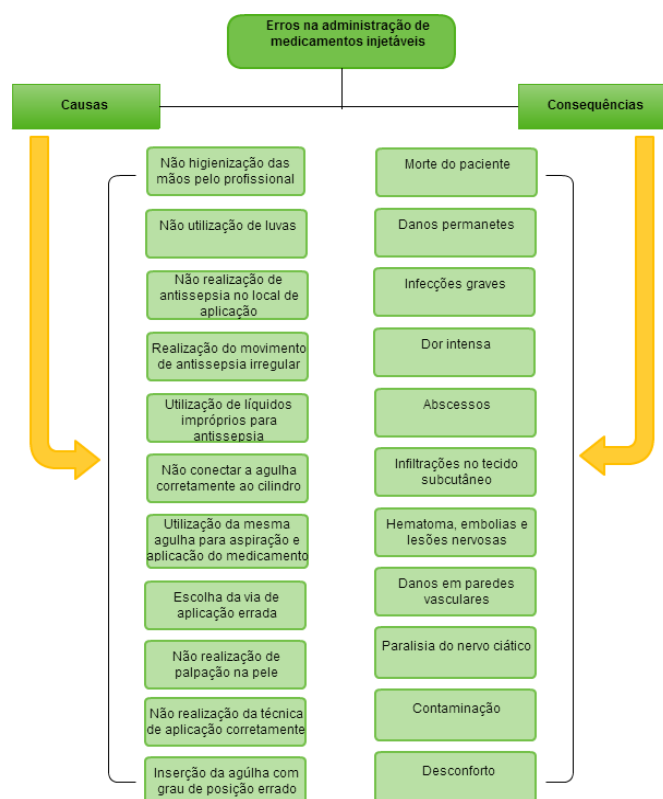
5.1 Descrição do problema

Para administrar um medicamento de forma segura, o profissional deve conhecer diversos conceitos relacionados a esse processo. Como por exemplo: as regiões de aplicação de cada via, o grau de inserção da agulha, a técnica de antisepsia, os dispositivos de infusão, a técnica de aplicação, etc. Além de conhecer, é necessário que o profissional consiga definir as relações entre esses conceitos. Ou seja, um conceito que depende da característica do outro, como por exemplo, o grau de inserção da agulha, que depende da via de administração e da massa corporal do paciente.

As deficiências no conhecimento e na execução desse procedimento, constituem as causas de muitos erros cometidos pelos profissionais da saúde. Medicamentos administrados erroneamente podem gerar sérias consequências para os pacientes. Essas

consequências podem ir de um simples desconforto ao óbito do paciente. Para o delineamento desse problema foi construído um diagrama (Figura 10) que apresenta os principais erros na administração dos medicamentos injetáveis, como também as consequências desses erros. O diagrama foi construído com base em pesquisas à literatura, que buscou investigar tais erros e consequências. (CARVALHO e CASSIANI, 2000; CARVALHO, 2000; CASSIANI; RANGEL; TIAGO, 1998; MIASSO e CASSIANI, 2000).

Figura 10 - Delineamento do problema de erros na administração de medicamentos injetáveis.



Fonte: Elaborada pelo autor

Dentre as várias condutas a serem tomadas para prevenir tais erros, a mais importante, segundo Cassiani, Cenfati, e Seixas (2001), é a educação, não se limitando somente à educação em serviço, função da instituição empregadora, mas também àquela relativa à formação profissional.

Atualmente o treinamento do procedimento de administração de medicamentos injetáveis é realizado nos próprios alunos (um aluno treina em outro) ou com o auxílio de um modelo físico de um paciente. O problema de realizar o treinamento no colega é que o aluno pode ficar nervoso e cometer erros que podem resultar em danos para o

colega que está recebendo a injeção. Já os modelos físicos normalmente utilizados não são constituídos de material com propriedade semelhante ao tecido humano, o que pode limitar a realidade da simulação.

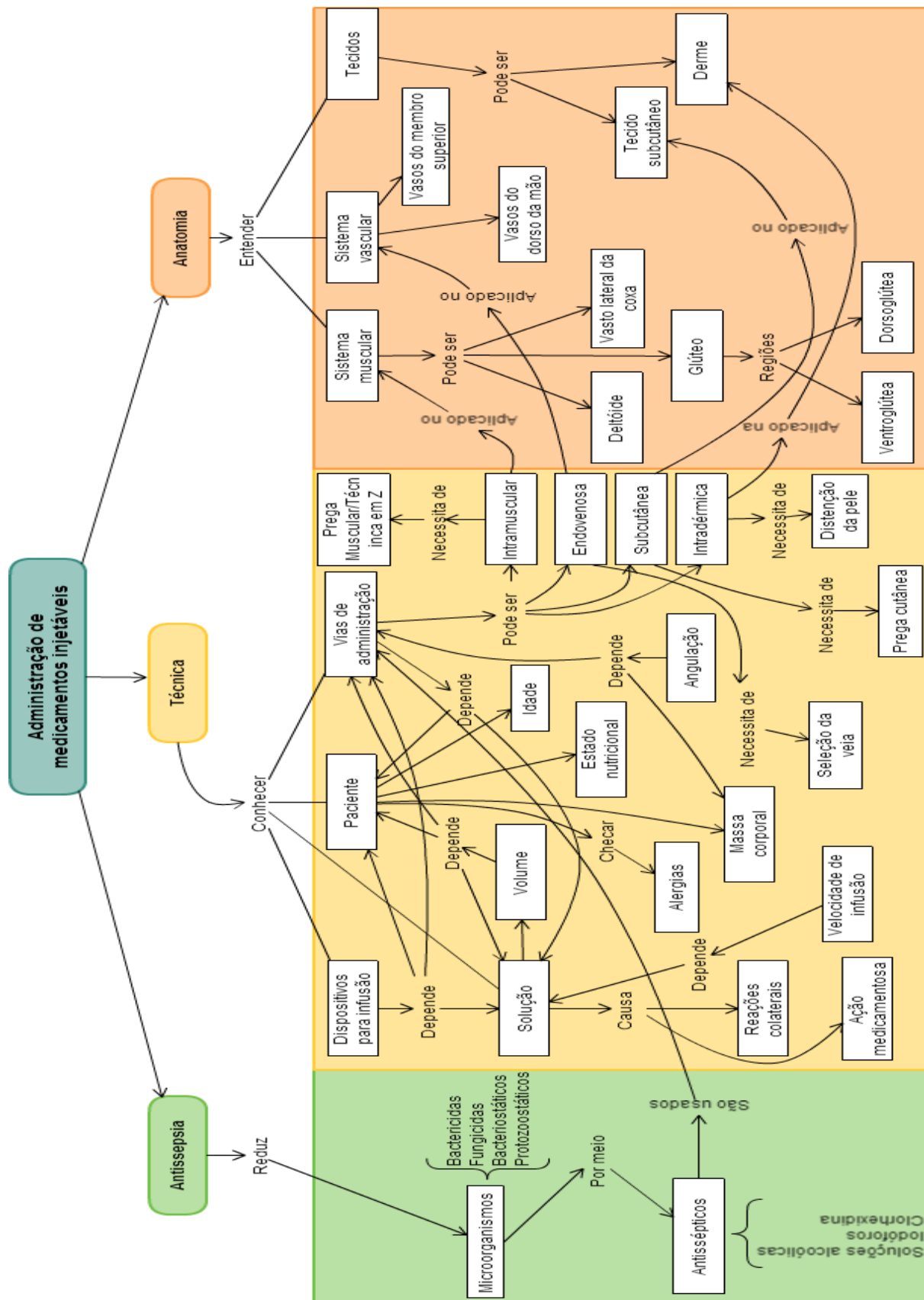
É neste contexto que o uso de um simulador baseado em RV para o treinamento desse procedimento se justifica. Os simuladores podem melhorar a formação profissional provendo uma nova forma de treinamento, que trabalhe não só as habilidades cognitivas, mas também as habilidades psicomotoras. Essa nova forma de treinamento prover características como interação, imersão e envolvimento, que possibilitam a reprodução do procedimento real, podendo oferecer um treinamento eficaz e sem riscos ao paciente.

Além disso, o uso de simuladores baseados em RV para treinamento pode auxiliar na avaliação das competências e habilidades do usuário, visto que existe uma carência em relação a instrumentos de avaliação para medir as competências e habilidades dos profissionais da área da saúde. Entretanto, para conseguir mensurar as habilidades psicomotoras dos estudantes se faz necessária a definição da variabilidade das métricas de avaliação.

5.2 Modelagem do Problema

Para começar a modelar o problema e facilitar a organização do conhecimento, correlacionando todos os conceitos envolvidos no procedimento de administração de medicamentos injetáveis, foi construído um mapa conceitual (MC). O MC permitiu a visualização dos conceitos envolvidos no procedimento de administração de medicamentos injetáveis, facilitando a compreensão dos mesmos, que foram organizados de forma dependentes. Desse modo, o MC consegue apresentar como um conceito está relacionado com outro. Como por exemplo, fazendo uma breve leitura no MC (Figura 11), é possível perceber que a Antissepsia, consegue reduzir os microrganismos através de substâncias conhecidas como antissépticos, sendo essas substâncias utilizadas no local de aplicação da injeção, ou seja, nas vias de administração.

Figura 11 - Mapa conceitual do processo de administração de medicamentos injetáveis



Fonte: Elaborada pelo autor

A partir da organização dos conceitos relacionados ao procedimento de administração de medicamentos injetáveis, foi possível definir os objetivos educacionais do simulador. Para auxiliar na definição dos objetivos educacionais, foi utilizada

No contexto da taxonomia de Bloom, foi possível perceber que a aprendizagem do procedimento de administração de medicamentos injetáveis envolve prioritariamente a compreensão do domínio cognitivo e do domínio psicomotor. Sendo assim, se fez necessário pensar em como avaliar essas habilidades, especialmente as habilidades psicomotoras, dentro de um simulador de RV.

Os objetivos baseados no domínio cognitivo foram detalhados no nível APLICAR da taxonomia de Bloom. Ou seja, esses objetivos vão avaliar a capacidade dos estudantes em aplicar o conhecimento acerca do procedimento de administração de medicamentos injetáveis em situações concretas.

Os objetivos baseados no domínio psicomotor foram detalhados no nível PRECISÃO seguindo a classificação proposta por Dave (1970). Ou seja, os objetivos vão avaliar a capacidade de executar a habilidade de forma confiável e independente de ajuda.

O primeiro passo para definir como as habilidades seriam avaliadas no simulador de RV, foi realizar o detalhamento do protocolo de administração de medicamentos injetáveis (Apêndice A). O protocolo foi detalhado a partir do estudo dos conceitos e técnicas relacionados à administração de medicamentos injetáveis levando em consideração os domínios cognitivo e psicomotor da taxonomia de Bloom.

Com os objetivos definidos foram definidas 5 tarefas para o usuário realizar no simulador:

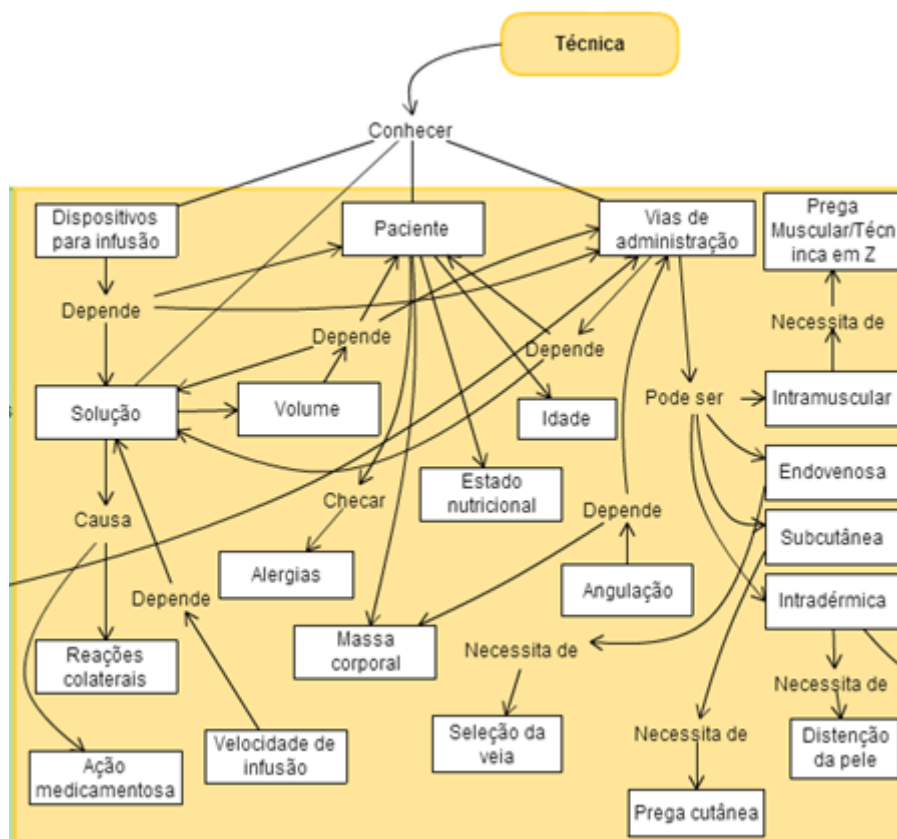
- Escolher materiais para procedimento;
- Realizar higienização das mãos;
- Escolher local de aplicação;
- Realizar antisepsia;

- Aplicar injeção.

5.3 Projeto do Sistema

Uma vez que o objetivo do simulador é o treinamento da técnica (Figura 12), descrita no MC da figura 11, as interseções de Antissepsia e Anatomia foram necessárias, mas não foram detalhadas visto que o usuário necessita apenas escolher a anatomia em função da técnica. Neste caso, entende-se que o conhecimento de anatomia é anterior ao aprendizado da técnica. Da mesma forma ocorre com a antissepsia: o usuário deve apenas realizar a antissepsia, uma vez que já deve seus elementos.

Figura 12 - Detalhamento da técnica de medicamentos injetáveis que faz parte do MC



Fonte: Elaborada pelo autor

5.3.1 Requisitos do sistema

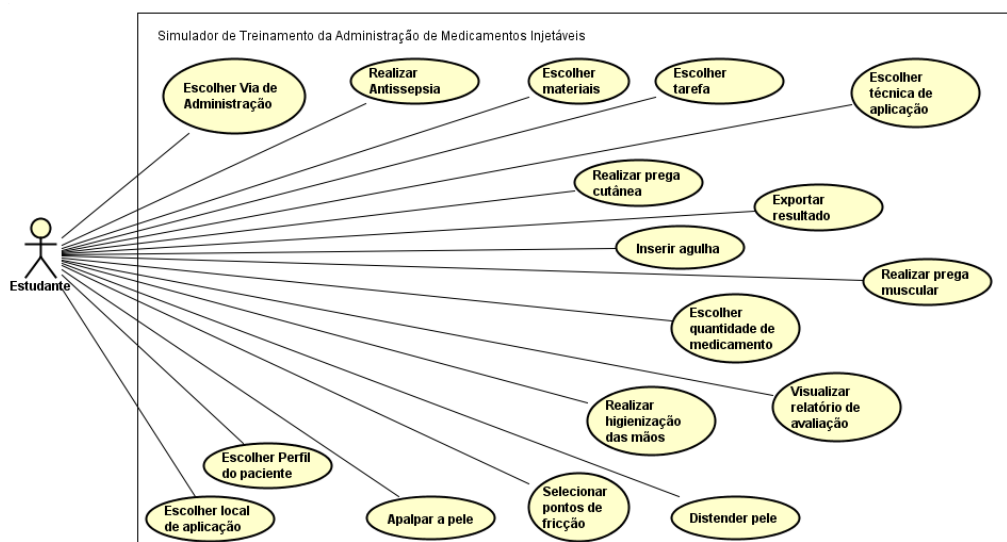
De acordo com Booch, Rumbaugh e Jacobson (2005) “Um requisito é uma característica de projeto, uma propriedade ou um comportamento de um sistema”. Sendo assim, ao se estabelecer requisitos de um sistema, declara-se o que se espera que

aquele sistema realize. Os requisitos do simulador foram estabelecidos de acordo com as tarefas definidas através do estudo do MC (figura 11) e do detalhamento do protocolo da administração de medicamentos injetáveis.

Sendo assim, o sistema deveria permitir ao usuário realizar as seguintes ações: escolher a via de administração para o treinamento, escolher a tarefa a realizar (dentre as 5 já estabelecidas), escolher a quantidade de medicamento a ser administrada, escolher o perfil do paciente, escolher os materiais para o procedimentos da administração do medicamento, escolher o local de aplicação do medicamento, escolher os pontos de fricção durante a higienização das mãos, realizar a higienização das mãos, realizar a antisepsia, escolher a técnica de aplicação, realizar a prega cutânea, realizar a prega muscular, distender a pele, apalpar a pele, inserir a agulha, visualizar o relatório de avaliação e exportar o resultado.

Para expressar esses requisitos, foi construído um diagrama de casos de uso (Figura 13). Um caso de uso especifica comportamentos de um sistema, representados em diagramas afim de representar uma interação direta de atores com o sistema (BOOCH, RUMBAUGH E JACOBSON, 2005). Neste caso, o ator identificado foi o estudante que utilizará o sistema para realizar o treinamento.

Figura 13 - Diagrama de Casos de Uso do Sistema

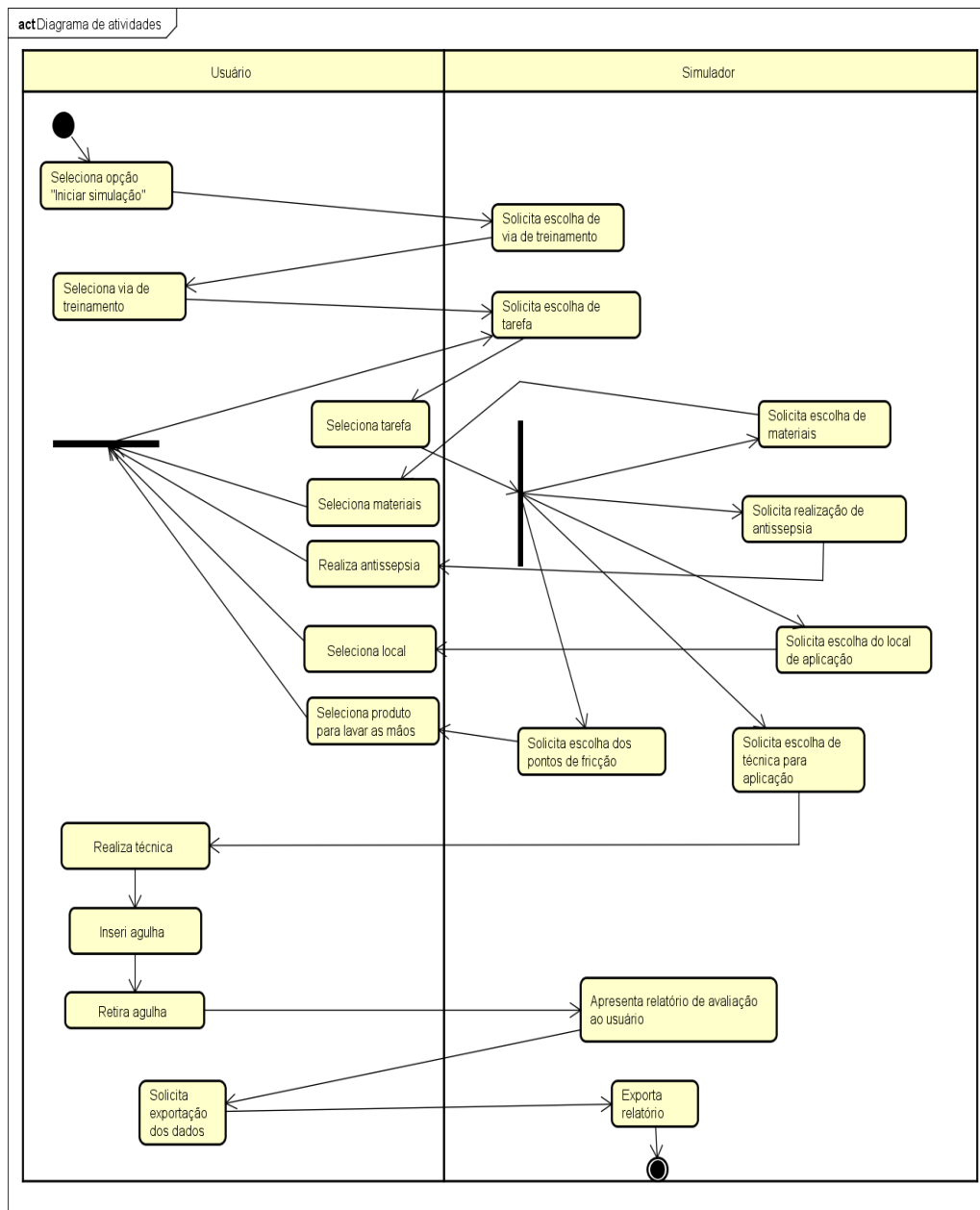


Fonte: Elaborado pelo autor

Para apresentar o fluxo dessas tarefas em um único processo foi elaborado um diagrama de atividades (figura 14). “Um diagrama de atividade é essencialmente um

gráfico de fluxo, mostrando o fluxo de controle de uma atividade para outra (BOOCH, RUMBAUGH E JACOBSON, 2005). Ou seja, o diagrama de atividade apresenta a concorrência, bem como as ramificações de controle.

Figura 14 - Diagrama de atividades do sistema



powered by Astah

Fonte: Elaborado pelo autor

Fazendo uma breve leitura no diagrama de atividades, é possível perceber o fluxo de interação do usuário com o sistema. Como por exemplo, quando o usuário inicia a simulação o sistema solicita a escolha de uma via de administração para realizar

o treinamento. Depois que o usuário seleciona a via de administração o sistema aguarda a solicitação das tarefas dentre as 5 a serem realizadas.

A seção a seguir detalhará como essas tarefas serão realizadas dentro do simulador.

5.3.2 Modelagem das cenas do simulador

As DCN de cursos de graduação em saúde descrevem quais são as competências e habilidades que o profissional deve ter. As cenas do simulador foram construídas a partir das DCN, de resoluções do Conselho Federal de Enfermagem – COFEN, de resoluções de alguns Conselhos Regionais de Enfermagem – COREN e do protocolo da seção anterior. A cena 1 foi definida para dar início a simulação, sendo utilizada para o usuário escolher em qual via realizará o procedimento.

- **Cena 1:** O simulador será composto por uma sequência de cenas que serão apresentadas gradativamente. Na cena inicial o usuário deverá escolher em qual via de aplicação o treinamento será realizado. Para isso, serão carregados quatro botões com o nome de cada via de aplicação, dos quais o usuário deve selecionar apenas um. Esse botão deve ser acionado a partir da seleção com o mouse.

Segundo Brasil (2001), que apresenta as DCN dos cursos de graduação em enfermagem e medicina, uma das competências desses profissionais é a tomada de decisão, ou seja, o enfermeiro deve estar capacitado a tomar decisões visando o uso apropriado, a eficácia e o custo-efetividade da força de trabalho, de medicamentos, de equipamentos, de procedimentos e de práticas. A partir disso, olhando o protocolo do apêndice A, as cenas 2, 3 e 4 foram definidas levando em consideração a decisão que o usuário deverá tomar na escolha da ordem das tarefas, nas escolhas dos materiais adequados e do local correto para aplicação.

- **Cena 2:** Na segunda cena o usuário terá que escolher, dentre as cinco tarefas do simulador, qual a tarefa que ele deseja iniciar o procedimento. As tarefas devem ser escolhidas na ordem correta. Na cena será exibida a frase “selecionar tarefa” seguida por 5 opções de escolha para o usuário escolher. A ordem das próximas cenas vai depender das escolhas do

usuário. Sempre que o usuário finalizar uma tarefa, esta cena será carregada, para que ele escolha qual a próxima tarefa que realizará. Além disso, nesta cena o usuário também poderá escolher a quantidade de medicamento que ele deseja administrar e o perfil do paciente (criança de 3 a 6 anos, criança de 6 a 14 anos, adolescente e adulto). Um histórico com as opções que o usuário escolheu também está presente nesta cena.

- **Cena 3:** Se o usuário selecionar a tarefa “escolher materiais para o procedimento”, uma nova cena será carregada para que o usuário escolha os objetos que deseja utilizar. Na parte de cima da cena estarão disponíveis alguns tipos de agulhas, dentre as quais o usuário deverá selecionar a agulha adequada para a via de administração que está em treinamento e para o perfil do paciente. Ao lado das agulhas estarão disponíveis algumas seringas e materiais para antisepsia (álcool, soro fisiológico e algodão), para que o usuário selecione qual deseja utilizar. Se o algodão for selecionado, significa que o usuário deseja realizar a antisepsia do local apenas com um algodão seco. Abaixo das agulhas estarão disponíveis outros tipos de materiais, como o garrote e as luvas.
- **Cena 4:** Para a tarefa de escolha do local de aplicação correto, será gerada uma nova cena, na qual um corpo virtual 3D será carregado. O usuário poderá selecionar um local do corpo para aplicar a injeção, no qual será avaliado se ele escolheu o local correto para a via de administração que está sendo abordada e para o perfil do usuário. Nesta cena também estará disponível o histórico das opções escolhidas pelo usuário.

De acordo com Brasil (2001), as DCN também citam como competência do profissional de enfermagem a atenção a saúde, ou seja, os profissionais devem estar aptos a desenvolver ações de prevenção, promoção e reabilitação da saúde. Para isso, os profissionais devem realizar seus serviços dentro dos mais altos padrões de qualidade. Levando em consideração essa competência, a Resolução do COFEN, n. 45 de 2003, que dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas de Utilização das Soluções Parenterais (SP) em Serviços de Saúde, estabelece que o profissional deve ser orientado

quanto às práticas de higiene pessoal, em especial, higienização das mãos. A partir disso, olhando o protocolo da seção anterior, foram definidas as cenas 5 e 6, que abordam a higienização das mãos e a antisepsia da pele.

- **Cena 5:** Quando o usuário escolher a tarefa “realizar higienização das mãos”, uma cena será carregada com objetos 3D que representam as mãos do usuário. Acima desses objetos será exibida a seguinte frase: clique com o botão esquerdo do mouse para selecionar os pontos que devem ser friccionados na hora da lavagem das mãos. Nesta cena o usuário deve selecionar quais os pontos das mãos devem ser friccionados na hora da lavagem. A seleção ocorrerá através do clique do mouse sobre os pontos escolhidos. Após selecionar os pontos de fricção, o usuário deverá escolher iniciar a lavagem das mãos dentre as 3 opções disponíveis (sem produto, com álcool e com sabão).
- **Cena 6:** Quando o usuário selecionar a tarefa “realizar antisepsia” uma nova cena será carregada com um objeto 3D representando aquele local que foi escolhido pelo usuário. Com o auxílio do mouse, que será representado por um algodão, o usuário realizará a antisepsia do local. Nesta cena será avaliado se o usuário está fazendo os movimentos corretos (passando o algodão em uma mesma direção). Nesta cena também estará disponível o histórico das opções escolhidas pelo usuário.

De acordo com Brasil (2001), cada profissional deve assegurar que sua prática seja realizada de forma integrada e continua com as demais instâncias do sistema de saúde, promovendo um serviço de qualidade que assegure o bem-estar do paciente. Para executar o procedimento com qualidade, os profissionais devem ser capazes de tomar a decisão de qual técnica realizar e de como realizá-la. Devido a isso, para definir a cena 7 também foi levado em consideração a competência de tomada de decisão do profissional. Além disso, na cena 7, também foi considerada a Resolução do COFEN, n. 45 de 2003, que dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas de Utilização das Soluções Parenterais (SP) em Serviços de Saúde, na qual estabelece que a administração das SP, por via endovenosa, só deve ser realizada depois de verificada a permeabilidade da via de acesso, ou seja, o profissional deve realizar a “palpação” da

pele para conseguir localizar a veia. Além disso, para definir a cena 7, também foi preciso se basear no protocolo da seção anterior.

- **Cena 7:** Na tarefa “aplicar injeção” será carregada uma cena com um objeto 3D representando o local de aplicação escolhido pelo usuário. Nesta cena será exibida uma caixa de texto com as seguintes opções: segurar o músculo, realizar uma prega cutânea, distender a pele e apalpar a pele. Nesta caixa de texto o usuário deve selecionar a opção que deseja e clicar com o mouse sobre o local que será realizado um desses procedimentos. Para soltar a prega, o musculo ou a pele, o usuário precisará clicar com o mouse no botão correspondente. Com o uso do dispositivo háptico, o usuário deve posicionar a agulha com a angulação correta e introduzir no paciente. Com a agulha introduzida, o usuário deve pressionar o botão presente na caneta do dispositivo háptico a fim de aspirar a seringa para verificar a existência de sangue. Para inserir o medicamento, o usuário deve pressionar um outro botão presente na caneta do dispositivo háptico. Por último, o usuário deve retirar a agulha. Nesta cena também estará disponível o histórico das opções escolhidas pelo usuário. Além disso, o usuário terá a opção de visualizar esta cena em 3D clicando no botão correspondente.

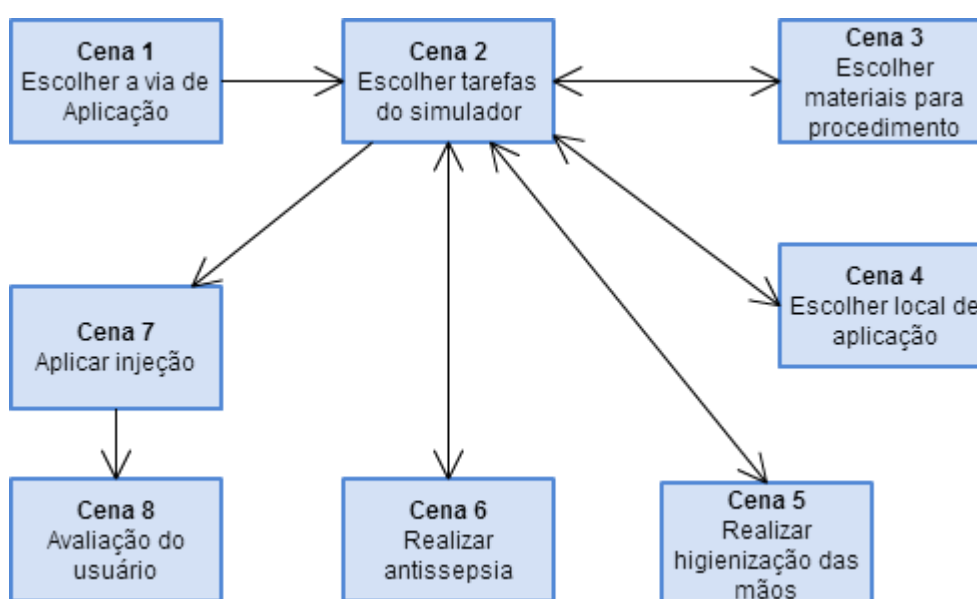
De acordo com Brasil (2001), as DCN estabelecem que “as avaliações somativa e formativa do aluno deverão basear-se nas competências, habilidades e conteúdos curriculares”. A partir disso, olhando o protocolo da seção anterior, foi definida a cena 8.

- **Cena 8:** Após a cena de aplicação de injeção, será exibida uma tela com o desempenho do usuário. Nesta tela serão exibidas a ordem em que as tarefas foram realizadas pelo usuário e a ordem em que elas deveriam ser realizadas, os materiais escolhidos pelo usuário e se foram escolhidos corretamente, o local de aplicação da injeção e se escolheu o local adequado, se realizou a higienização das mãos escolhendo todos os pontos de fricção e qual produto utilizou, se a antissepsia foi realizada, a técnica que o usuário utilizou (segurar músculo, realizar prega cutânea,

etc) e se foi a escolha correta, se a angulação de inserção da agulha foi aceitável, se o tamanho da prega muscular/cutânea foi aceitável, se realizou a aspiração da seringa corretamente, se introduziu a agulha até corretamente.

Para ficar mais claro como essas cenas serão apresentadas ao usuário e auxiliar no desenvolvimento do simulador, foi elaborado um diagrama de sequência das cenas do simulador que pode ser visto na figura a seguir:

Figura 15 - Diagrama de sequência das cenas do simulador



Fonte: Elaborado pelo autor

5.3.3 Avaliação automática

A avaliação automática é responsável por apresentar um *feedback* do desempenho do usuário. Para realizar essa avaliação é necessário que dados de interação sejam colhidos e armazenados para que de alguma forma sejam avaliados por um modelo de avaliação.

Para realizar essa avaliação foi necessário definir um conjunto de regras de avaliação (métricas). As métricas de avaliação foram definidas para as seguintes tarefas:

- a) Ordem de realização das tarefas;
- b) Escolha do material para realização do procedimento;

- c) Escolha do local para aplicação do medicamento;
- d) Escolha da técnica de aplicação de injeção (Segurar músculo, realizar prega cutânea, etc.);
- e) Realização da antissepsia do local de aplicação;
- f) Realização da lavagem das mãos;
- g) Escolha dos pontos de fricção no momento da lavagem das mãos;
- h) Escolha do tamanho da prega cutânea;
- i) Escolha do tamanho da prega muscular;
- j) Escolha do local de utilização do garrote;
- k) Escolha do ângulo de inserção da agulha;
- l) Inserção da agulha (Velocidade);
- m) Retirada da agulha (Velocidade).

Para maioria dessas tarefas, o modelo de avaliação verifica apenas se o usuário realizou ou não aquele procedimento. Entretanto, como é possível notar, para algumas tarefas não se pode avaliar apenas se o usuário a realizou ou não, é necessário medir como foi realizada a tarefa e para isso é necessário definir a variabilidade a ser aceita pelo módulo de avaliação do simulador.

As tarefas h), i), j), k), l) e m) necessitam de uma variabilidade aceitável. Para a tarefa h) foi necessário definir a distância máxima entre o dedo polegar e o dedo indicador na hora de realizar a prega cutânea. Para a tarefa i) também foi necessário definir as distâncias mínima e máxima entre o dedo polegar e o dedo indicador na hora de realizar a prega muscular. Para a tarefa j) foi necessário definir a distância mínima e máxima na qual o garrote deve ser colocado. Para a tarefa k) foi necessário definir o ângulo mínimo e máximo no qual a agulha deve ser introduzida. Para a tarefa l) foi necessário definir a velocidade mínima e máxima na qual a agulha deve ser inserida. Para a tarefa m) foi necessário definir a velocidade mínima e máxima na qual a agulha deve ser retirada.

Para definir as métricas de avaliação foi utilizado o livro Fundamentos de Enfermagem (POTTER e PERRY, 2013). Sendo assim, as tarefas de a) a g) foram definidas com base no livro. Entretanto, para definir as métricas das tarefas que necessitam de variabilidade, foi necessário utilizar o questionário do apêndice B. O questionário foi desenvolvido com o objetivo de compreender a forma de avaliação de atividades que envolvessem habilidades psicomotoras.

Sendo assim as métricas definidas para as atividades que necessitam de variabilidade foram:

- Tamanho da prega muscular: mínimo 0 cm e máximo 8 cm;
- Tamanho da prega cutânea: mínimo 0 cm e máximo 8 cm;
- Distância de utilização do garrote: mínimo 4 cm e máximo 6 cm;
- Angulação para via intramuscular:
 - Região deltoide: mínimo 45° e máximo 95°;
 - Região anterolateral da coxa: mínimo 45° e máximo 95°;
 - Região dorsoglútea: mínimo 45° e máximo 100°;
 - Região ventroglútea: mínimo 45° e máximo 95°;
- Angulação para a via subcutânea: mínimo 45° e máximo 95°;
- Angulação para a via intradérmica: mínimo 5° e máximo 20°;
- Angulação para a via endovenosa: mínimo 10° e máximo 30°.

Para avaliar as atividades l) e m) seria necessário que os profissionais definissem o que é lento e rápido para eles. Pois as respostas do questionário em relação as tarefas l) e m) não tinham como serem medidas e avaliadas pelo simulador. Ou seja, não foi possível definir em número as opções: extremamente rápida, rápida, lenta e extremamente lenta. Sendo assim, essas tarefas não são avaliadas pelo simulador.

5.4 Dispositivo Háptico

O dispositivo háptico utilizado nesse trabalho será o responsável pelo treinamento da habilidade psicomotora. Esse dispositivo é PHANTOM Omni (Figura 16), o qual é composto por uma base que está ligada a um braço mecânico cuja extremidade assemelha-se a caneta que pode simular uma seringa.

Figura 16- Phantom Omni



Fonte: SENSABLE (2015)

O Phantom Omni possibilita um retorno de força para o usuário enquanto ele está interagindo com o ambiente virtual. Isso possibilita com que o usuário consiga tocar e manipular objetos virtuais. De modo geral, as especificações técnicas do dispositivo podem ser vistas na tabela a seguir.

Tabela 1 - Especificações técnicas do dispositivo Phantom Omni

Especificações Técnicas do Phantom Omni	
Espaço de trabalho	160 mm de largura 120 mm de altura 70 mm de diâmetro
Fricção	Menor que 0,26N
Força aplicável máxima	3,3N
Inércia	Aproximadamente 45 g
Peso	1,47 kg
Força aplicável contínua	Maior que 0,88N
Rigidez	Eixo x 1,26N/mm Eixo y 2,31N/mm Eixo z 1,02N/mm

Feedback de força	3 graus de liberdade (x, y, z)
Amplitude de movimento	6 graus de liberdade

Fonte: SENSABLE (2015)

5.5 Calibragem das Propriedades Físicas

Depois da implementação das cenas do simulador, foi realizada a calibragem das propriedades físicas dos modelos 3D. Essas propriedades deveriam refletir as sensações táteis resultantes da manipulação dos modelos, entretanto essas propriedades são desconhecidas numericamente e apenas enfermeiros habituados em realizar o procedimento de administração de medicamentos injetáveis podem descrever as sensações táteis relacionadas a essa tarefa. Sendo assim, foi utilizado um calibrador de propriedades físicas⁴ que foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologias para o Ensino Virtual e Estatística (LABTEVE) da Universidade Federal da Paraíba. Este calibrador foi criado para auxiliar o processo de calibração das propriedades de objetos. Ele oferece a simulação em tempo real das propriedades hápticas, permitindo a adequação e regulagem dos valores pelo usuário para posterior exportação e uso em simuladores.

Nesse sistema, duas enfermeiras verificaram diferentes propriedades em objetos 3D, podendo regular os valores para que se assemelhassem aos tecidos que estavam sendo calibrados. As propriedades foram calibradas para a pele, o tecido subcutâneo, o músculo e a veia. As propriedades calibradas foram:

- Rigidez: controla quão dura é a superfície;
- Elasticidade: controla a quantidade de elasticidade da superfície;
- Atrito estática: controla o quão difícil é para avançar para a superfície a partir de uma posição estática;
- Atrito Dinâmica: controla o quão é difícil para mover sobre uma superfície quando o movimento já foi iniciado;

⁴

http://www.de.ufpb.br/~labteve/projetos/calibrador_pt.html

- Resistência: controla a quantidade de força que o usuário deve executar para passar através da superfície da geometria.
- Atrito estático de perfuração: controla o quão é difícil para mover dentro de uma forma perfurada a partir de uma posição estática;
- Atrito dinâmico de perfuração: controla o quão é difícil para mover dentro de uma forma perfurada quando o movimento já foi iniciado.

5.6 Considerações

Este capítulo abordou aspectos relacionados ao desenvolvimento de um simulador para o treinamento do procedimento de administração de medicamentos injetáveis, desde a descrição do problema até a calibração tátil dos modelos 3D utilizados.

Para começar a modelar o problema e facilitar a organização dos conceitos relacionados ao procedimento de administração de medicamentos injetáveis foi necessário construir um mapa conceitual. O MC permitiu a visualização dos conceitos envolvidos no procedimento de administração de medicamentos injetáveis, facilitando a compreensão dos mesmos, que foram organizados de forma dependentes. Além do MC, para auxiliar na definição dos objetivos educacionais, foi utilizada a taxonomia de Bloom, que auxiliou no planejamento, organização e controle dos objetivos educacionais. Nesse contexto, foi possível perceber que, para o procedimento da administração de medicamentos injetáveis, além das habilidades cognitivas, também é necessário trabalhar as habilidades psicomotoras.

Depois da modelagem do problema, foi necessário especificar os requisitos do sistema através de técnicas de engenharia de software. Sendo assim foi construído um diagrama de casos de uso afim de representar uma interação direta de atores com o sistema. Durante o processo de engenharia de software também foi construído um diagrama de atividades que apresenta o fluxo das tarefas do simulador em um único processo.

Com os diagramas finalizados, foi necessário definir as cenas do simulador. As cenas foram construídas a partir das DCN, de resoluções do Conselho Federal de

Enfermagem – COFEN, de resoluções de alguns Conselhos Regionais de Enfermagem – COREN e do protocolo do procedimento de medicamentos injetáveis detalhado neste trabalho. No total, 8 cenas foram definidas para o simulador: escolher via de aplicação, escolher tarefas do simulador, escolher materiais para procedimento, escolher local de aplicação, realizar higienização das mãos, realizar antisepsia, aplicar injeção e avaliação do usuário.

Para realizar a avaliação do usuário foi necessário definir métricas de avaliação. Entretanto, ao longo do estudo foi possível perceber que, para algumas métricas não se pode avaliar apenas se o usuário realizou ou não, é necessário medir como foi realizada a tarefa e para isso foi preciso definir a variabilidade que será aceita pelo módulo de avaliação do simulador. Para definir a variabilidade dessas métricas, foi necessário utilizar o questionário do apêndice B. Docentes de todas as instituições de ensino superior de enfermagem e uma instituição de ensino superior do curso de medicina da cidade de João Pessoa foram submetidos ao questionário.

As propriedades físicas dos modelos 3D foram calibradas com o auxílio de duas enfermeiras. Essas propriedades permitiram ao sistema oferecer retorno de força ao usuário por meio do dispositivo háptico que será utilizado no simulador. Essas propriedades foram calibradas utilizando um calibrador háptico que oferece a simulação em tempo real das propriedades hápticas, permitindo a adequação e regulação dos valores pelo usuário para posterior exportação e uso em simuladores. Os tecidos calibrados foram: pele, subcutâneo, músculo e veia.

6 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados alcançados nesta pesquisa, com o desenvolvimento do simulador SIMTAMI.

6.1 SIMTAMI – Simulador para o Treinamento da Administração de Medicamentos Injetáveis

Após a conclusão das etapas do capítulo anterior, foi produzido como resultado o simulador denominado Simulador para o Treinamento da Administração de Medicamentos Injetáveis (SIMTAMI). Sendo assim, esta seção visa apresentar como se dá o fluxo da interação dos usuários com o simulador.

O SIMTAMI foi desenvolvido utilizando a ferramenta Unity 3D⁵, fazendo uso do dispositivo háptico Phantom Omni e de um *plugin*⁶ desenvolvido para integração do Phantom Omni com a ferramenta Unity 3D. O SIMTAMI pode ser executado no sistema operacional Windows, versões 7 e 8, com arquitetura 32bits e 64bits.

Inicialmente é apresentada ao usuário a tela inicial (Figura 17) do simulador aos usuários, contendo título do simulador e três opções de escolha: iniciar simulação, créditos e sair. A opção iniciar simulação dará início ao treinamento do procedimento, a opção créditos mostra os créditos do simulador e a opção sair encerra a aplicação.

⁵ <http://unity3d.com/>

⁶ <https://www.assetstore.unity3d.com/en/#!/content/34393>

Figura 17 - Tela inicial do SIMTAMI



Fonte: Elaborada pelo autor

Quando a simulação é iniciada, a cena 1 (Figura 18) é apresentada ao usuário. Nesta cena o usuário deve escolher a via de administração que ele deseja realizar o treinamento. As opções de escolha são: intramuscular, endovenosa, intradérmica e subcutânea. Nesta cena também está presente um botão de ajuda, caso o usuário tenha dúvidas em como utilizar o simulador. O botão de ajuda esta presente em todas as cenas do simulador.

Figura 18 - Tela na qual o usuário deve escolher a via de treinamento que deseja realizar o treinamento



Fonte: Elaborada pelo autor

Quando o usuário escolher a via de administração que deseja realizar o treinamento, a cena 2 é apresentada (Figura 19). Nesta cena o usuário deve escolher as

tarefas que deseja realizar. As opções de escolha são: escolher materiais para procedimento, escolher local de aplicação, aplicar injeção, realizar antisepsia e realizar higienização das mãos.

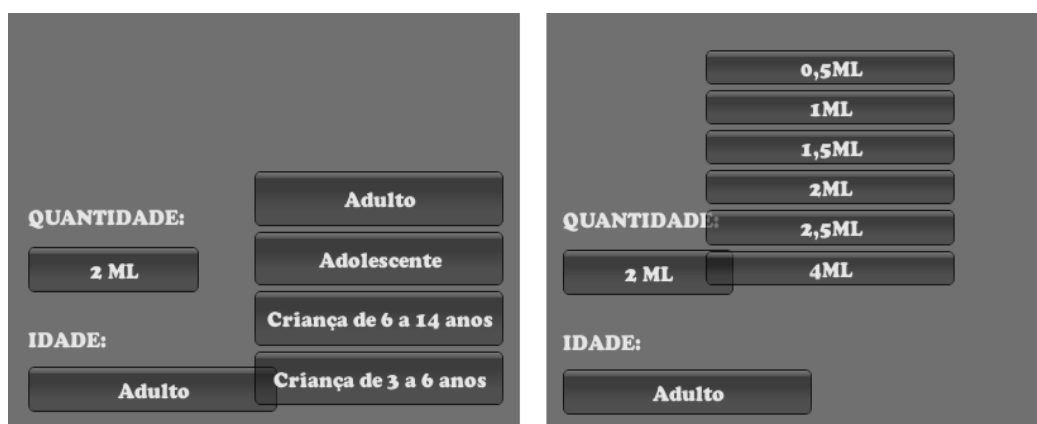
Figura 19 - Tela de escolha das tarefas do simulador



Fonte: Elaborada pelo autor

Além de escolher as tarefas o usuário também pode selecionar o perfil do paciente e a quantidade de medicamento que ele deseja administrar (Figura 20).

Figura 20 - Opções presentes na cena 2 (perfil e quantidade de medicamento)



Fonte: Elaborada pelo autor

Ainda na cena 2, o usuário pode visualizar um histórico das opções que ele escolheu até o momento. Este histórico irá sempre acompanhar o usuário, exibindo a via de administração, a idade do paciente, a quantidade de medicamento, o local de aplicação,

o antisséptico, a agulha e a seringa escolhidos pelo usuário. A ideia é que durante toda a simulação o usuário possa acompanhar quais foram as escolhas realizadas por ele, visto que essas escolhas influenciam nos próximos passos do procedimento.

Se durante a cena 2 o usuário selecionar a tarefa “escolher materiais” para procedimento, a cena 3 (Figura 21) será carregada.

Figura 21 - Tela de escolha dos materiais para o procedimento



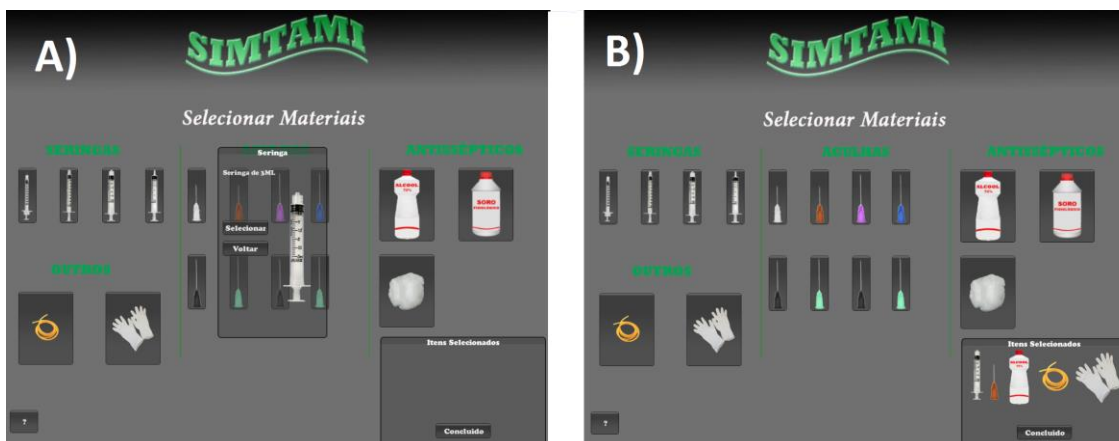
Fonte: Elaborada pelo autor

Na cena 3, o usuário pode selecionar todos os materiais que ele deseja utilizar durante o procedimento. Nesta cena estão disponíveis:

- Quatro tipos de seringa: seringa de insulina, seringa de 1ML, seringa de 3ML e seringa de 5ML;
- Oito tipos de agulhas: agulha 13X3.8, agulha 13X4.5, agulha 20X5,5, agulha 25X6.0, agulha 25X7.0, agulha 25X8.0, agulha 30X7.0, agulha 30X8.0;
- Três tipos de antisséptico: álcool, soro fisiológico e algodão seco;
- Outros tipos de materiais: garrote e luvas.

Quando o usuário clica sobre um objeto este objeto é ampliado com as informações referentes a ele (Figura 22a). E a medida que os objetos forem sendo selecionados eles são carregados na janela de itens selecionados (Figura 22b). Toda essa seleção é armazenada internamente, para que sejam avaliadas pelo módulo de avaliação do simulador.

Figura 22 - Cena 3: A) Objeto ampliado; B) Objetos selecionados



Fonte: Elaborada pelo autor

Se durante a cena 2 o usuário selecionar a tarefa escolher local de aplicação, a cena 4 (Figura 23) será apresentada.

Figura 23 - Tela de escolha do local para realizar a administração do medicamento



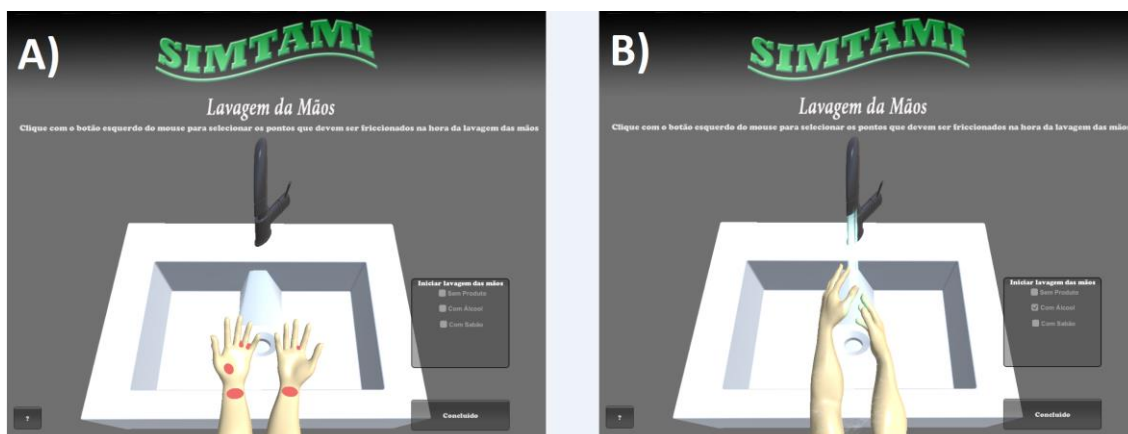
Fonte: Elaborada pelo autor

Durante a cena 4 o usuário pode escolher qual local ele deseja aplicar a injeção. Quando o local é selecionado, um X é marcado sobre ele e o histórico de opções é

atualizado. Com o auxílio do mouse, o usuário pode girar o modelo 3D, podendo escolher algum dos locais que estão na parte de trás do objeto.

Se durante a cena 2 o usuário selecionar a tarefa realizar higienização das mãos, a cena 5 será apresentada (Figura 24).

Figura 24 - Tela de higienização das mãos: A) Seleção dos locais de fricção; B) Animação da lavagem das mãos



Fonte: Elaborada pelo autor

Durante a cena 5 o usuário deve selecionar os pontos que devem ser friccionados na lavagem das mãos (Figura 24a). Em seguida, o usuário deve selecionar, dentre três opções (com sabão, com álcool e sem produto), com qual opção ele deseja realizar a lavagem das mãos. Assim que uma opção for selecionada a lavagem das mãos é iniciada e uma animação é reproduzida (Figura 24b).

Se durante a cena 2 o usuário selecionar a tarefa realizar antisepsia, a cena 6 será apresentada (Figura 25).

Figura 25 - Tela de realização da antissepsia da pele



Fonte: Elaborada pelo autor

Durante a cena 6 o usuário pode realizar a antissepsia do local que ele selecionou para aplicar a injeção. Enquanto o usuário pressiona o botão do meio do mouse um algodão é carregado no lugar do ponteiro do mouse. Com o algodão carregado, o usuário deve realizar os movimentos da antissepsia sobre o local que ele aplicará a injeção. Se na cena de escolha dos materiais para procedimento o usuário tiver selecionado o garrote, na cena 6 ele terá a opção de colocar o garrote posicionando-o no local que desejar (Figura 26).

Figura 26 - Tela de realização da antissepsia da pele com a opção de colocar o garrote



Fonte: Elaborada pelo autor

Se durante a cena 2 o usuário selecionar a tarefa aplicar injeção, a cena 7 será apresentada (Figura 27).

Figura 27 - Tela de aplicar injeção



Fonte: Elaborada pelo autor

No primeiro momento, o usuário deve selecionar a técnica que ele deseja realizar. As técnicas disponíveis são: segurar o músculo, realizar prega cutânea,

distender a pele e apalpar a pele. Se o usuário selecionar segurar o músculo, realizar prega cutânea ou distender a pele, ele deve selecionar a posição inicial e a posição final na qual a pele deve ser segurada ou distendida. Se a opção selecionada for apalpar a pele, ele deverá apalpar a pele com o botão do mouse.

Para inserir a agulha no local escolhido o usuário utilizará o dispositivo háptico (Figura 28). Para inserir o medicamento e aspirar a seringa o usuário terá que pressionar os botões presentes na caneta do dispositivo háptico.

Figura 28 - Demonstração da inserção da agulha com o dispositivo háptico



Fonte: Elaborada pelo autor

A cena 7 também pode ser visualizada em 3D (Figura 29). Para isso, o usuário terá que selecionar um botão que está presente na cena.

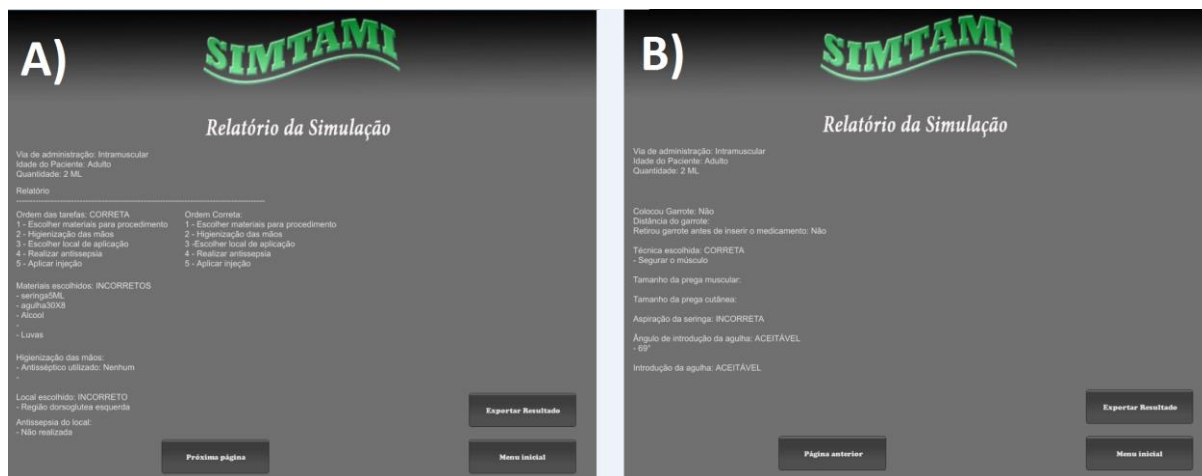
Figura 29 - Cena 7 com visualização 3D



Fonte: Elaborada pelo autor

Ao término da simulação, é disponibilizado ao usuário a visualização do relatório da simulação (Figura 30), contendo a avaliação do usuário a partir das métricas apresentada na seção anterior. Este resultado pode ser exportado para um arquivo .txt.

Figura 30 - Tela de avaliação



Fonte: Elaborada pelo autor

Com a conclusão do desenvolvimento do simulador, foi solicitado o pedido de registro do sistema junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI).

6.2 Fase de testes

Após a conclusão do sistema, foi realizada uma sondagem com cinco profissionais da área com o objetivo de encontrar erros de interface, erros de conteúdo e dificuldades na usabilidade do sistema. A avaliação foi realizada em dois passos: os enfermeiros utilizaram o simulador e logo em seguida responderam a um questionário.

De acordo com as respostas do questionário, três dos enfermeiros afirmaram que utilizaram o simulador com alguma facilidade e dois afirmaram sentir alguma dificuldade, embora esta não tenha sido especificada. Em relação às tarefas do simulador, três dos enfermeiros afirmaram que estas são totalmente suficientes para o aprendizado da administração de medicamentos injetáveis e dois enfermeiros afirmaram ser o bastante. Além disso, a forma de escolha das tarefas do simulador foi considerada boa por quatro enfermeiros e excelente por um deles.

Dois enfermeiros afirmaram que os materiais disponíveis são totalmente suficientes para a prática do procedimento em todas as vias de administração e três enfermeiros afirmaram que os materiais são bastante suficientes. Além disso, o histórico de opções que é apresentado durante a simulação foi considerado útil por quatro enfermeiros e pouco útil por um. Durante a simulação também é possível acionar um botão de ajuda, sendo este considerado útil por quatro enfermeiros. Um enfermeiro afirmou não ter utilizado o botão de ajuda.

Em relação às reações táteis, quatro enfermeiros afirmaram que conseguiram sentir os tecidos manipulados com o uso do dispositivo, que conseguiram sentir a sensação de resistência ao perfurar a pele no momento de introduzir a agulha, e que as reações táteis recebidas foram importantes para a compreensão do processo de administração de medicamentos injetáveis. Entretanto, um enfermeiro afirmou que não conseguiu sentir as reações táteis, a resistência no momento de perfurar a pele ao introduzir a agulha, e achou os tecidos manipulados pouco realistas. Porém, ao realizar uma nova simulação, utilizando outra via de administração, este enfermeiro afirmou ter sentido os tecidos manipulados com o uso do dispositivo e a resistência ao perfurar a pele com a introdução da agulha. Quando questionados sobre a utilização do dispositivo háptico para simular uma agulha, um enfermeiro afirmou que o dispositivo é totalmente adequado, dois enfermeiros afirmaram ser muito adequado e dois enfermeiros

afirmaram ser pouco adequado. Além disso, três enfermeiros afirmaram que sentiram um pouco de dificuldade em manipular o dispositivo e um enfermeiro afirmou que sentiu muita dificuldade.

Em relação à primeira atividade prática de enfermagem, quatro enfermeiros afirmaram que o uso do simulador diminuiria a sua ansiedade e um enfermeiro afirmou que aumentaria a sua segurança. Além disso, todos os enfermeiros consideraram que o relatório da simulação é importante para o usuário.

Em relação ao simulador, três enfermeiros afirmaram que as imagens apresentadas são totalmente claras e classificaram o simulador como ótimo. Os outros dois enfermeiros classificaram como bom. Adicionalmente, todos os enfermeiros declararam que gostariam de ter um simulador como esse para auxiliá-los no processo de aprendizagem e afirmaram que recomendariam o simulador para outra pessoa, declarando que o uso do simulador diminuiria a ansiedade do aprendiz, aumentaria a probabilidade do uso correto da técnica, economizaria material, evitaria a exposição de pacientes, resultaria em aproximação virtual com o procedimento, possibilitaria a revisão de questões teóricas aplicando-as de forma segura, possibilitaria a construção do conhecimento prático para alunos que ainda não tiveram contato com a realidade e seria útil para o docente no ensino.

Ao final da fase de testes, dois problemas de interface foram encontrados e corrigidos posteriormente, resultando no produto final. Não foram identificados erros de conteúdo.

6.3 Publicações

A modelagem das métricas de avaliação utilizadas no simulador resultou em um artigo. O artigo foi intitulado como “*Metrics for User Assessment in Simulators Based on VR*” e apresentado no *Symposium on Virtual and Augmented Reality* em São Paulo/SP (MACEDO e MACHADO, 2015). O objetivo do artigo foi discutir como a modelagem de métricas, necessárias para o desenvolvimento de um simulador de RV com avaliação, tem sido feita apresentando uma forma de modelar métricas para o procedimento de administração de medicamentos injetáveis.

Além disso, a proposta de dissertação deste trabalho foi submetida e apresentada no Workshop de Teses e Dissertações em Realidade Virtual e Aumentada 2015, que teve como objetivo a apresentação e discussão de trabalhos de mestrado e de doutorado em Realidade Virtual que estão em desenvolvimento nos programas de pós-graduação no Brasil.

7 CONCLUSÃO

Neste capítulo serão discutidas questões importantes acerca do trabalho desenvolvido, ideias de trabalhos futuros e considerações finais. Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um simulador baseado em RV voltado para o treinamento de estudantes no procedimento da administração de medicamentos injetáveis, que abordasse todos os procedimentos por agulha.

Durante o estudo, foi possível observar que normalmente os alunos praticam o procedimento de administração de medicamentos injetáveis entre si, o que pode gerar desconforto, nervosismo e insegurança (MARTINS et al., 2012). Sendo assim, durante o estudo ainda foi possível perceber que isso também pode ser uma das razões da ocorrência de diversos erros apontados durante a prática do procedimento da administração de medicamentos injetáveis (VESTENA et al., 2014; BELELA; PETERLINI; PEDREIRA, 2010; KOHN et al., 2001). Sendo assim, percebeu-se a necessidade de uma nova forma de treinamento da administração de medicamentos injetáveis.

Ao longo da pesquisa, foi possível perceber que o uso de simuladores baseados em RV para treinamento de procedimentos médicos vem crescendo muito nos últimos anos. Esses sistemas conseguem fornecer uma nova forma de treinamento de procedimentos reais, de modo a diminuir a distância entre o aprendizado teórico e a prática profissional. Além disso, a utilização de dispositivos hápticos nesses simuladores pode aumentar o grau de realismo e interação, proporcionando reação tátil, capaz de simular a manipulação real de agulhas e bisturis em contato com o corpo de um paciente.

Durante a pesquisa dos trabalhos correlatos não foi encontrado nenhum simulador totalmente baseado em RV que abordasse o procedimento da administração de medicamentos injetáveis. Além disso, durante o estudo dos trabalhos selecionados, foi possível perceber que os métodos de avaliação do usuário dentro desses sistemas podem se tornar uma dificuldade no desenvolvimento desse tipo de simulador, principalmente quando se trata da avaliação de habilidades psicomotoras. A avaliação

em particular, depende de características que apresentam variabilidade. Sendo assim, foi possível concluir que a avaliação do desempenho do usuário é dependente de métricas que muitas vezes não estão estabelecidas em protocolos e conselhos federais. Além disso, quando buscou-se conhecer o que é o correto no procedimento da administração de medicamentos injetáveis houve divergências entre os protocolos preconizados pelos conselhos federais, os livros de enfermagem e os profissionais de enfermagem. Mesmo assim, como já citado anteriormente, as métricas de avaliação do simulador foram definidas com base nos conselhos federais e em um livro de enfermagem, sendo apenas a variabilidade desses critérios seguida com base na opinião dos profissionais. Em relação a essa discussão, é importante destacar um caso que ocorreu durante a fase de testes do simulador por um enfermeiro. Durante os testes, mesmo sendo apresentado ao parecer do COREN –SP N° 39/2012 que estabelecia o que seria o correto em relação a aquele critério, o enfermeiro discordou e ainda afirmou: “este parecer está errado”. Neste caso, foi adotado o critério estabelecido pela referência bibliográfica.

Durante o processo da modelagem das métricas de avaliação, foi possível perceber que para algumas é necessário medir como foi realizada a tarefa e para isso foi preciso definir a variabilidade que será aceita pelo módulo de avaliação do simulador. Este problema foi resolvido com classificação feita por docentes/profissionais que responderam um questionário apontando aquilo que é a variabilidade aceitável por eles em processos de avaliação dos alunos em atividades que utilizam habilidades psicomotoras. Sendo assim, as métricas de avaliação utilizadas no simulador pautou-se em bibliografia base dos cursos de enfermagem (POTTER e PERRY, 2013), nas resoluções dos conselhos e nas DCN e aquelas que necessitam de variabilidade foram definidas a partir de uma pesquisa realizada com 100% dos profissionais de ensino de disciplinas que abordam o procedimento, do município de João pessoa – PB.

Com os critérios de avaliação estabelecidos, algumas dificuldades foram encontradas durante a implementação do módulo de avaliação do simulador. Mesmo com as métricas e suas variabilidades definidas, não foi possível avaliar a velocidade de inserção do medicamento. Isso ocorreu por limitações tecnológicas, ou seja, os botões presentes na caneta do dispositivo háptico não possuem sensibilidade a pressão aplicada. Por limitações do estudo, a velocidade de inserção e de retirada da agulha não puderam ser avaliadas pelo módulo de avaliação do simulador. Isso ocorreu devido às

respostas do questionário, que não tinham como serem medidas e avaliadas pelo simulador. Para conseguir realizar essa avaliação, precisaria de uma pesquisa mais aprofundada com os profissionais, que utilizando o próprio dispositivo háptico, teriam que classificar o que é lento, rápido, extremamente rápido e extremamente lento.

A partir do que foi informado pelos profissionais durante a fase de testes, podemos concluir que o uso do simulador pode de fato auxiliar no treinamento da administração de medicamentos injetáveis. Segundo os profissionais que participaram da sondagem, o uso do simulador poderia diminuir a ansiedade e insegurança dos alunos, auxiliar no treinamento das habilidades psicomotoras que o procedimento exige, evitar que alunos pratiquem uns nos outros e aumentar a probabilidade que o procedimento seja executado de forma correta.

Por fim, é necessário evidenciar que para este tipo de desenvolvimento não é possível trabalhar individualmente os conceitos computacionais, sendo importante também se observar outras áreas ligadas à questão do ensino apoiado pelo uso dos simuladores, que transpassou pedagogia, educação, computação e enfermagem.

7.1 Trabalhos futuros

Como sugestão de trabalhos futuros é possível citar uma avaliação do simulador com uma quantidade maior de profissionais, de modo a se obter melhores resultados a respeito da utilização do simulador, como também seria interessante realizar uma avaliação do simulador com estudantes de enfermagem que estejam matriculados nas disciplinas que abordam o procedimento da administração de medicamentos injetáveis.

O simulador poderia ainda oferecer modelos 3D que corresponderem a perfis que incluíssem faixa etárias distintas, massa corporal e configurações anatômicas diferentes, resultando em uma simulação mais realista.

Este trabalho também abre possibilidades para o estudo e desenvolvimento de modelos de decisão próprio para avaliação que levam em conta os resultados obtidos e também modos de avaliação mais complexos.

REFERÊNCIAS

ALBERT, D. et al. Competence assessment for spinal anaesthesia. **Springer**, Berlin Heidelberg, LNCS 4799, p. 166-171, 2007.

ALBUQUERQUE, V. S. et al. Currículos disciplinares na área de saúde: ensaio sobre saber e poder. **Interface – Comunicação, Saúde, Educação**, v.13, n.31, p.261-72, 2009.

BASTABLE, S. B. et al. Health professional as educator: Principles of teaching and learning. Jones & Bartlett Publishers, 2011.

BELELA, A. S. C.; PETERLINI, M. A. S.; PEDREIRA, M. L. G. Revelação da ocorrência de erro de medicação em unidade de cuidados intensivos pediátricos. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, v. 22, n. 3, p. 257-263, 2010.

BIBIN, L. et al. SAILOR: a 3-D medical simulator of loco-regional anaesthesia based on desktop virtual reality and pseudo-haptic feedback. *Proceedings of the 2008 ACM symposium on Virtual reality software and technology*, Bordeaux, França, p. 97-100, 2008.

BLOOM, B. et al. *Taxonomia de Objetivos Educacionais*. Porto Alegre: Globo, 1972.

BLOOM, B. S.; KRATHWOHL, D. R.; MASIA, B. B. *Taxionomia de Objetivos Educacionais: Domínio afetivo*. Porto Alegre: Globo, 1973.

BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. *UML: Guia do usuário*. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

BRAGA, M. Realidade virtual e educação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 1, n. 1, 2001.

BRASIL. Ministério da Educação. Resolução do Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. Parecer CNE/CES 1.133, de 7 de agosto de 2001. Nº 3 de 07/11/2001. **Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação em Enfermagem, Medicina e Nutrição**. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/ces1133.pdf>

BRASIL. Ministério da Saúde. Grupo Hospitalar Conceição/Gerência de Ensino e Pesquisa. *Diretrizes Clínicas/Protocolos Assistenciais. Manual Operacional*. Porto Alegre: 2008. 11 p.

BURDEA, G., COIFFET, P. *Virtual Reality Technology*. John Wiley & Sons, 1994.

CARDOSO, L. et al. Utilização de ambientes virtuais na reabilitação de pacientes com lesão cerebral por AVC e TCE. *Edital CT-Saúde*, v. 24, p. 1-6, 2004.

CARVALHO, V. T. **Erros na administração de medicamentos: análise dos relatados dos profissionais de enfermagem**. Dissertação (Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto) Universidade de São Paulo, 2000.

CARVALHO, V. T.; CASSIANI, S. H. B. Erros na medicação: análise das situações relatadas pelos profissionais de enfermagem. **Medicina (Ribeirão Preto. Online)**, v. 33, n. 3, 2000.

CARVALHO, V.T.; CASSIANI, S. H. DE B; CHIERICATO, C. Erros mais comuns e fatores de risco na administração de medicamentos em unidades básicas de saúde. **Revista latino americana de enfermagem**, v.7, n.5, p. 67-75, 1999.

CARVALHO, J. A. Virtual Reality and ophthalmology. *Revista Brasileira de Oftalmologia*, v. 71, n. 1, p. 40-47, 2012.

CASSIANI, S. H. B.; BENFATI, F. B. S.; SEIXAS, C. A. Um salto no Futuro no Ensino da Administração de Medicamentos: Desenvolvimento de um Programa Instrucional Auxiliado pelo Computador. **Revista Brasileira de Informática da Educação**, v.9, n. 1, 2001.

CASSIANI, S. H.B.; RANGEL, S. M.; TIAGO, F. Complicações após aplicações, por via intramuscular, do diclofenaco de sódio: estudo de um caso. *Medicina (Ribeirão Preto. Online)*, v. 31, n. 1, p. 99-105, 1998.

CASTANHO, M.E. Professores de Ensino Superior da área da Saúde e sua prática pedagógica. *Interface-Comunicação, Saúde, Educação*, v.6, n.10, p. 51-62, 2002.

CHALASANI, V. et al. Development and validation of a virtual reality transrectal ultrasound guided prostatic biopsy simulator. *Canadian Urological Association Journal*, v. 5, n. 1, p. 19, 2011.

CHOI, K. S.; SOO, S.; CHUNG, F. L. A virtual training simulator for learning cataract surgery with phacoemulsification. *Computers in biology and medicine*, v. 39, n. 11, p. 1020-1031, 2009.

CHUI C. K. et al. Haptics in computer-mediated simulation: Training in vertebroplasty surgery. **Simulation and Gaming**, v. 37, n. 4, p. 438–451, 2006.

CICUTO, C. A. T.; MENDES, B. C.; CORREIA, P. R. M. Nova abordagem para verificar como os alunos articulam diferentes materiais instrucionais utilizando mapas conceituais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, 2013.

COFEN. Resolução nº 45, de 12 de março de 2003. **Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas de Utilização das Soluções Parenterais (SP) em Serviços de Saúde**.

COFEN. Parecer Normativo nº 004, de 02 de outubro de 2012. **Administração de medicamentos pelas vias parenterais entre pares, sob supervisão de professor enfermeiro**. Disponível em: http://www.coren.gov.br/cew/_samples/php/publicar_arquivo_07/21122012162430.pdf.

COHEN, M. R.; SENDERS, J. 12 ways to prevent medication errors. **Nursing**, v.24, n.2, p. 34-41, 1994.

COREN. Parecer nº 012, de 28 de dezembro de 2009. **Treinamento de técnicas injetáveis em alunos na formação profissional**. Disponível em: http://portal.coren-sp.gov.br/sites/default/files/parecer_coren_sp_2009_12.pdf

COREN. Parecer nº 39, de 10 de outubro de 2012. **Aplicação de injeção intramuscular**. Disponível em: http://portal.coren-sp.gov.br/sites/default/files/parecer_coren_sp_2012_39.pdf.

CORREA, E. S. et al. Análise do Desempenho do HMD xSight 3120 e Desenvolvimento de um Sistema Para Simulação do Protocolo Médico da Punção Pleural. In: XV Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR). p. 107-116, IEEE, 2013.

CORRÊA, C. G.; TORI, R.; NUNES, F. L. S. Haptic simulation for virtual training in application of dental anesthesia. In: XV Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR). p. 63-72, IEEE, 2013a.

CORSEUIL, E. et al. ENVIRON – Visualization of CAD Models in a Virtual Reality Environment. In: **Eurographics Symposium on Virtual Environments**, França, p. 79-82, 2004.

DANG, T.; ANNASWAMY, T. M.; SRINIVASAN, M. A. Development and Evaluation of an Epidural Injection Simulator with Force Feedback for. *Medicine Meets Virtual Reality 2001: Outer Space, Inner Space, Virtual Space*, v. 81, p. 97, 2001.

DEV, P. et al. Simulated Medical Learning Environments on the Internet. *Journal of the American Medical Informatics Association*, v. 9, n. 5, p.437-447, 2002.

DAVE, R.H. Psychomotor levels. Developing and writing educational objectives, Tucson, Arizona: **Educational Innovators Press**, 1970.

DOMINGOS, A.; NEVES, I.; GALHARDO, L. Uma forma de estruturar o ensino e a aprendizagem. Lisboa: Livros Horizonte, 3ª edição, 1987.

FAGUNDES, J. S.; GIRARDON-PERLINI, N. M. O. Ocorrências Iatrogênicas na Administração de Medicamentos: um estudo com estudantes de enfermagem. *Revista Contexto & Saúde*, v. 6, n. 10, p. 7-16, 2006.

FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. *São Carlos: Gestão e Produção*, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.

FERREIRA, D. S. Interação Natural por Meio de Gestos para Apoio a Docentes no Processo de Ensino em Saúde. Dissertação (Mestrado em Informática), Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2014.

FONSECA, E. P. As Diretrizes Curriculares Nacionais e a formação do cirurgião-dentista brasileiro. *JMPHC. Journal of Management and Primary Health Care*, v. 3, n. 2, p. 158-178, 2013.

FOREST, C. et al. Ultrasound and needle insertion simulators built on real patient-based data. *Studies in health. Technology and Informatics*, v. 125, p. 136, 2007.

GALLAGHER, A. G. et al. Virtual reality simulation for the operating room: proficiency-based training as a paradigm shift in surgical skills training. *Annals of surgery*, v. 241, n.2, p. 364, 2005.

GODOY, S. D.; et al. Administração de injetáveis por via intramuscular na região ventroglútea: avaliação após treinamento por videoconferência. *Revista da Rede de Enfermagem do Nordeste-Rev Rene*, v. 4, n. 1, 2003.

GOKSEL, O. et al. Prostate brachytherapy training with simulated ultrasound and fluoroscopy images. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, v. 60, n. 4, p. 1002–1012, 2013.

GORMAN, P. et al. A prototype haptic lumbar puncture simulator. *Studies in Health Technology and Informatics*, v. 70, p. 106–109, 2000.

GROTTKE, O. et al. Virtual reality-based simulator for training in regional anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia*, v. 103, n.4, p. 594–600, 2009.

HARAMOTO, L. L. et al. Virtual Reality for Medical Training: a Prototype to Simulate Breast Aspiration Exam. In: *VRCAI 2004 - ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual Reality Continuum and its Applications in Industry*. v.1, p. 328-331. v. 01, ACM, 2004.

HAND, C. Other faces of virtual reality. In: *First International Conference MHVR'94 - Lecture Notes in Computer Science*, Russia, n.1077, p. 107-116, 1994.

HARROW, A. J. A taxonomy of the psychomotor domain: A guide for developing behavioral objectives. New York: David McKay, 1972.

HENG, P. A. et al. A haptic needle manipulation simulator for chinese acupuncture learning and training. *International Journal of Image and Graphics*, v. 6, n. 02, p. 205-230, 2006.

HU, J. et al. Localized virtual patient model for regional anesthesia simulation training system. *Studies in Health Technology and Informatics*, vol. 125, p. 185–190, 2007.

JANSSOONE, T. et al. Biopsym: a learning environment for trans-rectal ultrasound guided prostate biopsies. In: *MMVR*. p. 242-246, 2011.

KOHN, L. T.; JANET, M. C.; MOLLA S. D. To Error is human: building a safer health system. Washington: Committee on Quality of Health Care in America, National Academy of Institute of Medicine, 2001.

LUZ, R. P.; KIRNER, T. G. Processo de Desenvolvimento de Sistemas de Realidade Virtual. In: *Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada*. Tori, Kirner & Siscoutto. cp. 8, p. 109-127, 2006.

MACEDO, E. R.; MACHADO, L. S. Metrics for User Assessment in Simulators Based on VR. In: *Symposium on Virtual and Augmented Reality*, 2015, São Paulo. *Proc of Symposium on Virtual and Augmented Reality*, 2015.

MACHADO, L. S.; ZUFFO, M. K. Desenvolvimento e Avaliação de um Simulador de Procedimentos Médicos Invasivos Baseado em Realidade Virtual para Treinamento de

Transplante de Medula Óssea. In: Anais do Symposium on Virtual Reality, 2002. Fortaleza, p. 416-418, 2002.

MARTINS et al. A experiência clínica simulada no ensino de enfermagem: retrospectiva histórica. *Acta Paulista de Enfermagem*, v. 25, n. 4, p. 619-25, 2012.

MAYOORAN, Z. et al. Mediseus epidural: Full-procedure training simulator for epidural analgesia in labour. In: *Proceedings of the SimTecT Healthcare Simulation Conference*, Austrália, p. 11–14, 2006.

MENESES, L. B. A. et al. Um novo olhar sobre a administração de medicamentos. João Pessoa, PB: Editora da UFPB, 2012.

MERRIL, J. R. et al. The Ophthalmic Retrobulbar Injection Simulator (ORIS): an application of virtual reality to medical education. In: *Proceedings of the Annual Symposium on Computer Application in Medical Care*. p. 702, 1993.

MIASSO, A. I.; CASSIANI, S. H. DE B. Erros na administração de medicamentos: divulgação de conhecimentos e identificação do paciente como aspectos relevantes. *Revista da Escola de Enfermagem USP*, v.34, n.1, p. 16-25, 2000.

MORAES, R.M.; MACHADO, L.S. Assessment Systems for Training Based on Virtual Reality: A Comparison Study. *SBC Journal on 3D Interactive Systems*, v.3, n.1, p. 9-17, 2012.

MURAMATSU, C. H.; MIYADAHIRA, A. M. K. Processo ensino-aprendizagem da técnica de palpação e mensuração uterina: influência da prática. *Revista da Escola de Enfermagem USP*, v.30, n.3, p.456-72, 1996.

NETTO, A. V.; MACHADO, L. S.; OLIVEIRA, M. C. F. Realidade Virtual - Definições, Dispositivos e Aplicações. *Revista Eletrônica de Iniciação Científica - REIC*. v. 2, n. 1, p. 82-95, 2002.

NUNES, F. L. S. et al. Desenvolvendo aplicações de RVA para saúde: imersão, realismo e motivação. In: Ribeiro, M. W. S.; Zorzal, E.R.. (Org.). *Realidade Virtual e Aumentada: aplicações e tendências.*: Sociedade Brasileira de Computação, 2011, v. , p. 81-94.

NUNES, F. L. S. et al. Realidade Virtual para saúde no Brasil: conceitos, desafios e oportunidades. *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*, v. 27, n. 4, p. 243-258, 2011a.

OHNISHI, M. et al. O uso do laboratório no ensino de técnicas fundamentais de enfermagem. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*, v. 16, n. 2, p. 276-282, 1995.

OKRAINEC, A. et al. Development of a virtual reality haptic Veress needle insertion simulator for surgical skills training. *Studies in Health Technology and Informatics*, v. 142, p. 233-238, 2009.

OLSEN, D. et al. Evaluation of a hemostasis model for teaching basic surgical skills. *Veterinary Surgery*, v. 25, n. 1, p. 49-58, 1996.

- PAIVA, P. V. F. et al. Potencialidades da Educação em Saúde Baseada em Realidade Virtual. *Revista Eletrônica de Comunicação, Informação & Inovação em Saúde*, v. 7, n. 3, 2013.
- POTTER, P. A.; PERRY, A. G. *Fundamentos de Enfermagem*. 8ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- RA, J. B. et al. A Visually Guided Spine Biopsy Simulator with Force Feedback. In: *SPIE International Conference on Medical Imaging*, pp. 36–45, 2001.
- RIVA, G. Virtual reality for health care: the status of research. *Cyberpsychology & Behavior*, vol. 5, No. 3, 2002, pp. 219-225.
- RODRIGUES, H. *Aplicando Sistemas Hápticos em Serious Games: Um Jogo para Educação em Higiene Bucal*. Dissertação (Mestrado em Informática), Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2011.
- ROZENDO, C. A. Uma análise das práticas docentes de professores universitários da área de saúde. *Rev.latino-am.enfermagem*, v. 7, n. 2, p. 15-23, 1999.
- SANTOS, A. D.; MACHADO, L. S. Realidade Virtual Aplicada ao Ensino de Medicina: Taxonomia, Desafios e Resultados. In: *Anais do Workshop de Realidade Virtual e Aumentada*, Santos, 2009.
- SATAVA, R. M.; GALLAGHER, A. G.; PELLEGRINI, C. A. Surgical competence and surgical proficiency: definitions, taxonomy, and metrics. *Journal of the American College of Surgeons*, v.196, n.6, p.933–7, 2003.
- SENSABLE. Dispositivos Hápticos. <http://www.dentsable.com/products-haptic-devices.htm> (Novembro), 2014.
- SENSABLE. Phantom Omni. <http://www.dentsable.com/haptic-phantom-omni.htm> (Julho), 2015.
- SINGH, S. K. et al. Design of an interactive lumbar puncture simulator with tactile feedback. In: *Virtual Reality Annual International Symposium*, 1994., 1994 IEEE. IEEE, 1994. p. 280-286.
- SILVA, A. E. B. C. et al. Eventos adversos a medicamentos em um hospital sentinela do Estado de Goiás, Brasil. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, v. 19, n. 2, p. 378-386, 2011.
- SILVA, A. E. B. C.; CASSIANI, S. H. B. Administração de medicamentos: uma visão sistêmica para o desenvolvimento de medidas preventivas dos erros na medicação. *Revista Eletrônica de Enfermagem*, v. 06, n. 02, p. 279-285, 2004.
- SIMPSON, E. J. *The Classification of Educational Objectives in the Psychomotor Domain*. Washington, DC: Gryphon House, 1972.
- SOUZA, I. A. et al. Development and evaluation of a virtual reality simulator for training of thyroid gland nodules needle biopsy. In: *Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST 08)*, p. 245–246, ACM Press, 2008.

TORRIANI, M. S.; ISABEL, C. E.; SANTOS, L. Medicamentos de A a Z: Enfermagem. Artmed, 2011.

URSINO, M. et al. CathSim™: An intravascular catheterization simulator on a PC. Medicine Meets Virtual Reality: The Convergence of Physical & Informational Technologies: Options for a New Era in Healthcare, v. 62, p. 360-366, 1999.

VESTENA, C. D. F. L. et al. Errors in the administration of medications: study with a nursing team. Revista de Enfermagem da UFPI, v. 3, n.4, p. 42-49, 2014.

VIDAL, F. P. et al. Developing a needle guidance virtual environment with patient-specific data and force feedback. In: International Congress Series. p. 418-423, Elsevier, 2005.

VOSBURGH, K. GOLBY, G, A., PIEPER, S. D. Surgery, Virtual Reality, and the Future. Studies in health technology and informatics, vol. 184, p. vii, 2013.

WEBSTER, R. W. et al. A prototype haptic suturing simulator. Studies in Health Technology and Informatics, v. 81, p. 567–569, 2001.

ZHANG, J. S. et al. An interactive high-fidelity haptic needle simulator with GPU acceleration. In: Proceedings of the 9th ACM SIGGRAPH Conference on Virtual-Reality Continuum and its Applications in Industry. p. 347-352, ACM, 2010.

ZORCOLO, A. et al. Catheter insertion simulation with combined visual and haptic feedback. In: Proceedings of the First PHANToM Users Research Symposium (PURS 99), Alemanha, 1999.

APÊNDICE A

Detalhamento do protocolo de administração de medicamentos injetáveis

Protocolo no nível cognitivo:

- 1 - Escolher material para procedimento corretamente;
- 2 - Escolher local correto para aplicação do medicamento;
- 3 - Utilizar o método antisséptico adequado;
- 4 - Escolher uma das técnicas de aplicação de injeção;
- 5 - Utilizar o ângulo de infusão correto;
- 6 - Determinar a velocidade de infusão do medicamento;
- 7 - Observar o paciente durante o processo de administração do medicamento.

Protocolo no nível psicomotor:

1. Higienização das mãos:

- 1.1. Abrir a torneira e molhar as mãos sem encostar-se à pia.
- 1.2. Aplicar nas mãos quantidade suficiente de sabão líquido para cobrir toda a sua superfície.
- 1.3. Ensaboar as palmas das mãos friccionando-as entre si.
- 1.4. Esfregar a palma da mão direita contra o dorso da mão esquerda entrelaçando os dedos e vice-versa.
- 1.5. Entrelaçar os dedos e friccionar os espaços interdigitais.
- 1.6. Esfregar o dorso dos dedos de uma mão com a palma da mão oposta, segurando os dedos, com movimento de vai e vem e vice-versa.

- 1.7. Esfregar o polegar direito, com o auxílio da palma da mão esquerda, utilizando movimento circular e vice-versa.
 - 1.8. Friccionar as polpas digitais e unhas da mão esquerda contra a palma da mão direita, fechada em concha, fazendo movimento circular e vice-versa.
 - 1.9. Esfregar o punho esquerdo, com o auxílio da palma da mão direita, utilizando movimento circular e vice-versa.
 - 1.10. Enxaguar as mãos, retirando os resíduos de sabão, no sentido dos dedos para os punhos. Evitar contato direto das mãos ensaboadas com a torneira.
 - 1.11. Secar as mãos com papel toalha descartável. Deve-se iniciar a secagem pelas mãos e seguir pelos punhos.
2. Colocar luvas;
3. Via Intramuscular:
 - 3.1. Região Deltoide:
 - 3.1.1. Segurar o musculo, mais ou menos quatro dedos, abaixo da articulação do ombro;
 - 3.1.2. Introduzir a agulha (completamente) com firmeza em uma velocidade normal, obedecendo o ângulo de 90°, na parte central do musculo;
 - 3.1.3. Soltar o músculo e puxar o embolo da seringa no máximo 0.5 ml para trás, a fim de verificar se não foi atingindo nenhum vaso sanguíneo;
 - 3.1.4. Inserir o medicamento lentamente;
 - 3.1.5. Retirar a agulha rapidamente e encostar o algodão embebido em álcool 70% no local, pressionando a pele durante 30 segundos.
 - 3.2. Região anto lateral da coxa:
 - 3.2.1. Delimitar o local para inserção da agulha: utilizar o terço médio do vasto lateral, 12 cm acima da parte superior do joelho, e 12 cm abaixo da região inguinal;

- 3.2.2. Segurar o musculo e introduzir a agulha (completamente) com firmeza em uma velocidade normal, obedecendo o ângulo de 90°
- 3.2.3. Soltar o músculo e puxar o embolo da seringa no máximo 0.5 ml para trás, a fim de verificar se não foi atingindo nenhum vaso sanguíneo;
- 3.2.4. Inserir o medicamento lentamente;
- 3.2.5. Retirar a agulha rapidamente e encostar o algodão embebido em álcool 70% no local, pressionando a pele durante 30 segundos.

3.3. Região Dorsoglútea:

- 3.3.1. Delimitar a região, passando uma linha horizontal da prega glútea em direção a parte externa do músculo, e outra vertical, dividindo a região glútea em quatro quadrantes. A punção deve ser realizada no quadrante superior externo;
- 3.3.2. Segurar o musculo e introduzir a agulha (completamente) obedecendo o ângulo de 90°;
- 3.3.3. Soltar o músculo e puxar o embolo da seringa no máximo 0.5 ml para trás, a fim de verificar se não foi atingindo nenhum vaso sanguíneo;
- 3.3.4. Inserir o medicamento lentamente;
- 3.3.5. Retirar a agulha rapidamente e encostar o algodão embebido em álcool 70% no local, pressionando a pele durante 30 segundos.

3.4. Região Ventroglútea

- 3.4.1. Delimitar a região, colocando a mão esquerda no quadril direito do paciente; Identificar com a falange distal do dedo indicador (Osso de cima do dedo) a espinha ilíaca antero-superior direita; Estender o dedo médio ao longo da crista ilíaca, deixando a mão espalmada, sobre a base do grande trocânter do fêmur, formando com o indicador um triangulo; Dirigir a punção neste triângulo, com a agulha voltada ligeiramente para a crista ilíaca;

- 3.4.2. Introduzir a agulha (completamente) com firmeza em uma velocidade normal, obedecendo o ângulo de 90°;
- 3.4.3. Puxar o embolo da seringa no máximo 0.5 ml para trás, a fim de verificar se não foi atingindo nenhum vaso sanguíneo;
- 3.4.4. Inserir o medicamento lentamente;
- 3.4.5. Retirar a agulha rapidamente e encostar o algodão embebido em álcool 70% no local, pressionando a pele durante 30 segundos;

4. Via Subcutânea:

- 4.1. Realizar a antisepsia da pele em sentido único; (Encostar o algodão embebido em álcool 70% no local de realização da injeção e pressionar a pele com movimentos de baixo para cima durante 30 segundos. Esperar mais 30 segundos para secar.)
- 4.2. Segurar a pele do local escolhido, realizando uma prega cutânea. Utilizar a mão não-dominante;
- 4.3. Introduzir a agulha (completamente) com firmeza em rápida velocidade, obedecendo o ângulo de 90°. Utilizar a mão dominante;
- 4.4. Puxar o embolo da seringa no máximo 0.5 ml para trás, a fim de verificar se não foi atingindo nenhum vaso sanguíneo;
- 4.5. Inserir o medicamento lentamente;
- 4.6. Retirar a agulha rapidamente e encostar o algodão embebido em álcool 70% no local, pressionando a pele durante 30 segundos.

5. Via intradérmica:

- 5.1. Realizar antisepsia da pele em sentido único: Encostar o algodão embebido em soro fisiológico 0,9% no local de realização da injeção e pressionar a pele com movimentos de baixo para cima durante 30 segundos. Secar com algodão;
- 5.2. Distender a pele com o dedo polegar e o dedo indicador da mão não dominante;

- 5.3. Colocar a agulha quase paralela à superfície da pele, em ângulo de no máximo 15° e inserir a agulha (completamente) delicadamente com o bisel voltado para cima;
- 5.4. Puxar o embolo da seringa no máximo 0.5 ml para trás, a fim de verificar se não foi atingindo nenhum vaso sanguíneo;
- 5.5. Inserir o medicamento lentamente;
- 5.6. Retirar a agulha rapidamente;
- 6. Via Endovenosa:
 - 6.1. Garrotear 4 cm acima do local escolhido (Amarrar com força o garrote 4 cm acima do local escolhido);
 - 6.2. Realizar a antisepsia da pele em sentido único; (Encostar o algodão embebido em álcool 70% no local de realização da injeção e pressionar a pele com movimentos de baixo para cima durante 30 segundos. Esperar mais 30 segundos para secar.)
 - 6.3. Apalpar a pele do local para selecionar a veia;
 - 6.4. Fixar a veia e esticar a pele com auxílio do dedo polegar;
 - 6.5. Posicionar o bisel da agulha voltado para cima;
 - 6.6. Introduzir a agulha (completamente) lentamente em um ângulo de no máximo 15°
 - 6.7. Puxar o embolo da seringa no máximo 0.5 ml para trás, a fim de verificar se a veia foi atingida;
 - 6.8. Soltar o garrote;
 - 6.9. Introduzir o medicamento lentamente.
 - 6.10. Retirar a agulha rapidamente e encostar o algodão embebido em álcool 70% no local, pressionando a pele durante 30 segundos.

APÊNDICE B

Questionário sobre avaliação na administração de medicamentos

	Universidade Federal da Paraíba Centro de Ciências Exatas e da Natureza Programa de Pós-Graduação em Informática LABTEVE - Laboratório de Tecnologias para Ensino Virtual e Estatística	
---	---	---

QUESTIONÁRIO

ADMINISTRAÇÃO DE MEDICAMENTOS INJETÁVEIS POR VIAS PARENTERAIS

Obrigado pela colaboração!

• IDENTIFICAÇÃO

Idade: _____

Grau de instrução: _____

Disciplinas que ministra/ministrou: _____

Tempo de docência: _____

Trabalha/trabalhou na área da assistência? () Sim () Não

Tem o hábito de utilizar computador? () Sim () Não

• MÉTODOS DE ENSINO E AVALIAÇÃO

1) O que você utiliza na sua aula prática?

() Objetos utilizados em procedimentos clínicos () Data show () Manequins

() Outros: _____

2) Como você trabalha a parte prática?

() Encaminha os alunos para estágio () Utiliza laboratório de semiologia/semiotécnica

() Acompanha os alunos durante o estágio () Outros: _____

3) O que você utiliza para avaliar a capacidade do aluno de realizar o procedimento sobre o ponto de vista teórico?

() Prova teórica () Prova oral () Trabalho escrito () Seminário () Exercício

- () Observação do aluno durante as aulas () Outros: _____
- 4) O que você utiliza para avaliar a capacidade do aluno de realizar o procedimento sobre o ponto de vista prático?
() Prova prática () Aulas práticas () Estágio () Outros: _____
- 5) Você utiliza algum tipo de jogo na sua prática pedagógica?
() Sim () Não
- 6) Você faz uso de material Power Point na sua prática pedagógica?
() Sim () Não
- 7) Você utiliza algum tipo de material adicional (multimídia ou outros além de Power Point)?
() Sim Qual? _____ () Não
- 8) Você indica aos alunos algum site da Internet em suas aulas?
() Sim () Não

• **MÉTRICAS DE AVALIAÇÃO**

A finalidade das perguntas a seguir consiste em compreender como você costuma avaliar, do ponto de vista objetivo, o procedimento da administração de medicamentos injetáveis.

- Você conhece as Diretrizes Curriculares do curso de Enfermagem/Medicina no qual é docente?
() Sim () Não
- Você conhece o Protocolo do COFEN ou CFM do curso de Enfermagem/Medicina no qual é docente?
() Sim () Não
- Marque as etapas que você considera importantes para a higienização das mãos:
 1. () Abrir a torneira e molhar as mãos sem encostar-se à pia.
 2. () Entrelaçar os dedos e friccionar os espaços interdigitais.
 3. () Esfregar a palma da mão direita contra o dorso da mão esquerda entrelaçando os dedos e vice-versa.
 4. () Ensaboar as palmas das mãos friccionando-as entre si.
 5. () Enxaguar as mãos, retirando os resíduos de sabão, no sentido dos dedos para os punhos. Evitar contato direto das mãos ensaboadas com a torneira.
 6. () Aplicar nas mãos quantidade suficiente de sabão líquido para cobrir toda a sua superfície.
 7. () Esfregar o punho esquerdo, com o auxílio da palma da mão direita, utilizando movimento circular e vice-versa.
 8. () Esfregar o polegar direito, com o auxílio da palma da mão esquerda, utilizando movimento circular e vice-versa.
 9. () Enxaguar as mãos, retirando os resíduos de sabão, no sentido dos dedos para os punhos. Evitar contato direto das mãos ensaboadas com a torneira.
 10. () Secar as mãos com papel toalha descartável. Deve-se iniciar a secagem pelas mãos e seguir pelos punhos.

11. () Friccionar as polpas digitais e unhas da mão esquerda contra a palma da mão direita, fechada em concha, fazendo movimento circular e vice-versa.

- Coloque os itens selecionados na questão anterior em uma ordem na qual você considere adequada para a realização da higienização das mãos:

- Você considera importante a utilização de luvas para o procedimento de administração de medicamentos injetáveis?

() Sempre () Geralmente () Às vezes () Nunca

- Em relação à antissepsia na pele do paciente, marque todas as alternativas que você considerar corretas:

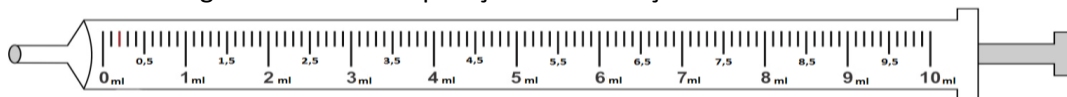
() A antissepsia deve ser realizada em sentido único com movimentos de cima para baixo

() A antissepsia deve ser realizada em sentido único com movimentos de baixo para cima

() A antissepsia deve ser realizada com movimentos circulares

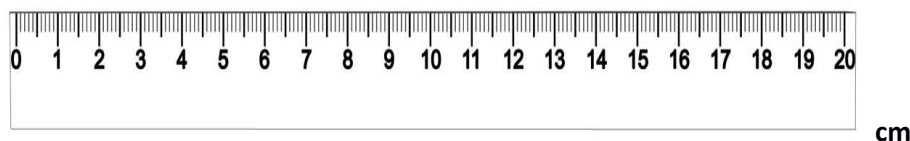
() O sentido em que é realizada a antissepsia da pele não importa

- Na figura a seguir marque até que ponto você acha necessário aspirar a seringa após inserir a agulha no local de aplicação da medicação:



3.1 Levando em consideração a aplicação de medicamento pela VIA INTRAMUSCULAR:

- Na figura abaixo, destaque a faixa de variação aceitável para a realização da prega muscular:



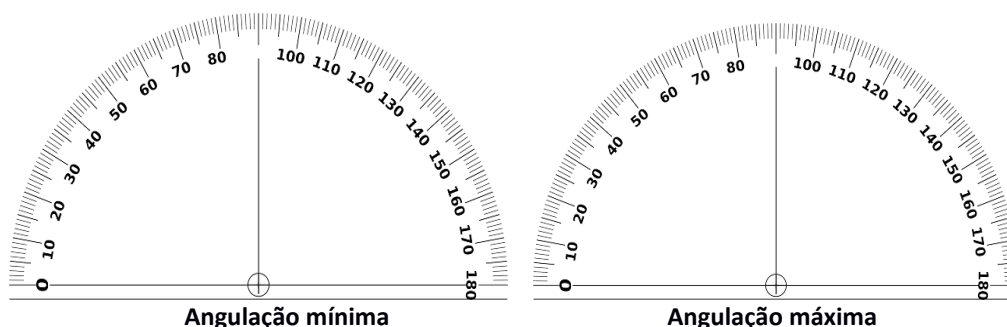
- Marque todas as alternativas que você não considera corretas em relação à inserção da agulha no paciente:

() Picada muito rápida () Picada rápida () Picada lenta () Picada muito lenta

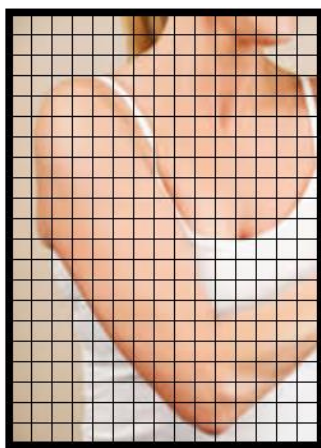
- Levando em consideração que a velocidade de inserção de medicamentos por via intramuscular de 1ml/10s é considerada ideal, marque a alternativa que considerar correta quanto à variação desta velocidade:

() Até 10% () Até 20% () Até 40% () Até 60% () A velocidade não é importante

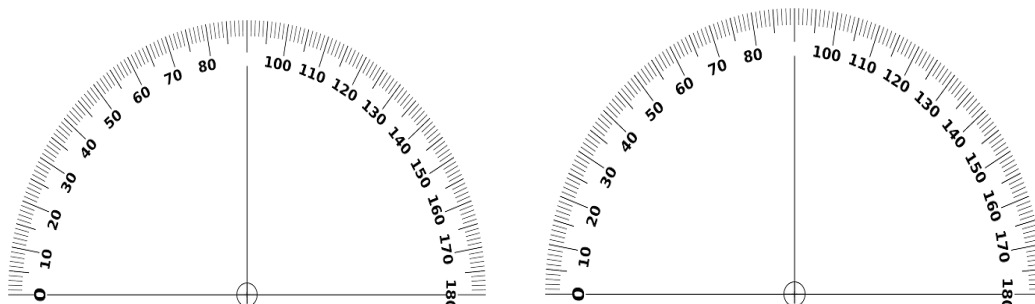
- Até que ponto a agulha deve ser introduzida no paciente?
() Completamente () Parcialmente () Superficialmente
- Qual velocidade você considera adequada para a retirada da agulha do paciente após a administração do medicamento?
() Extremamente rápida () Rápida () Lenta () Extremamente lenta
- Destaque na figura abaixo as angulações mínima e máxima aceitáveis para a inserção da agulha na região DELTÓIDE em relação à superfície da pele do paciente:



- Na imagem abaixo circule o local de administração de injetáveis na região DELTÓIDE:



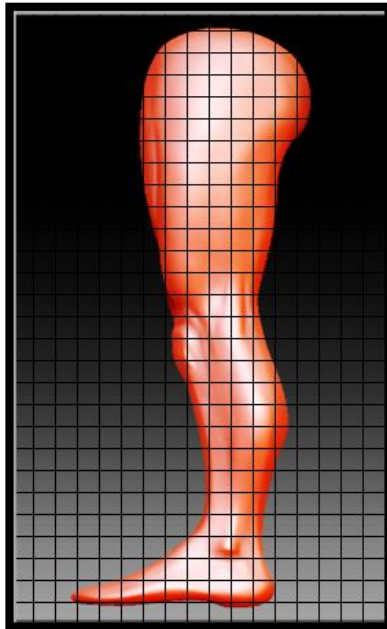
- Destaque na figura abaixo as angulações mínima e máxima aceitáveis para a inserção da agulha na região ANTEROLATERAL DA COXA em relação à superfície da pele do paciente:



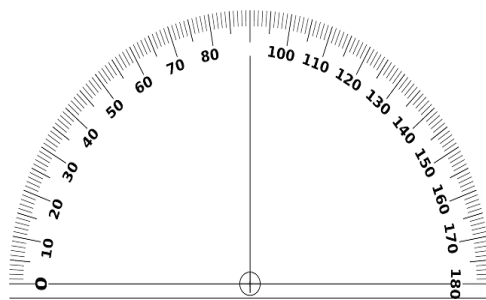
Angulação mínima

Angulação máxima

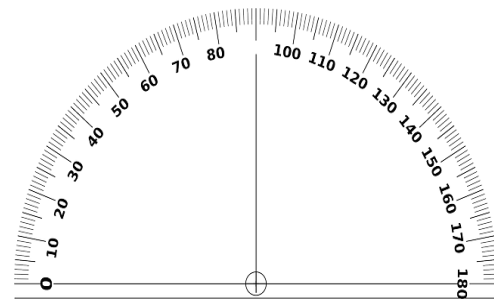
- Circule na imagem o local de administração de injetáveis na região ANTEROLATERAL DA COXA:



- Destaque na figura abaixo as angulações mínima e máxima aceitáveis para a inserção da agulha na região DORSOGLÚTEA em relação à superfície da pele do paciente:

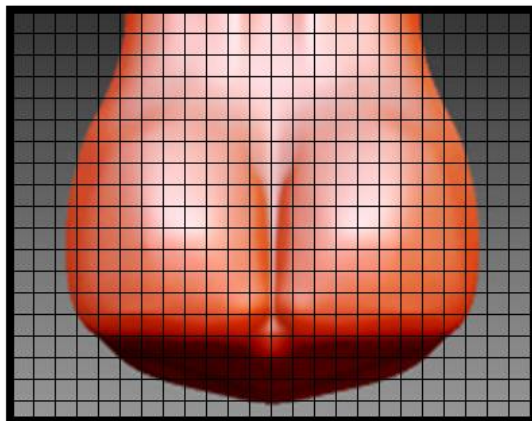


Angulação mínima

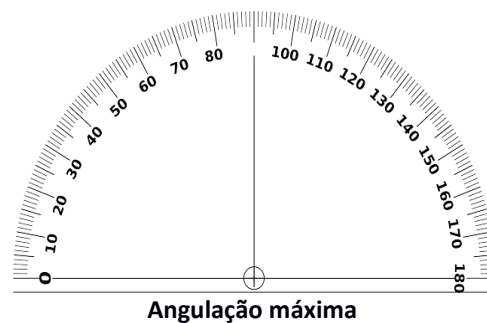


Angulação máxima

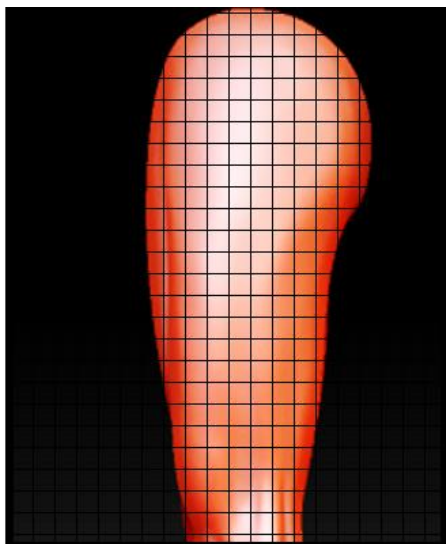
- Circule na imagem o local de administração de injetáveis na região DORSOGLÚTEA:



- Destaque na figura abaixo as angulações mínima e máxima aceitáveis para a inserção da agulha na região VENTROGLÚTEA em relação à superfície da pele do paciente:

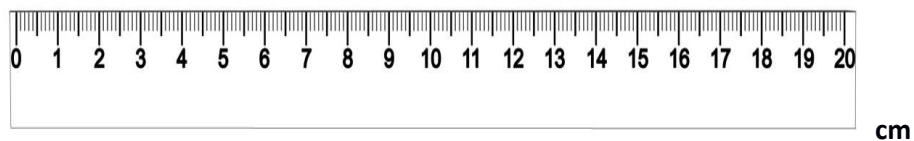


- Circule na imagem o local de administração de injetáveis na região VENTROGLÚTEA:

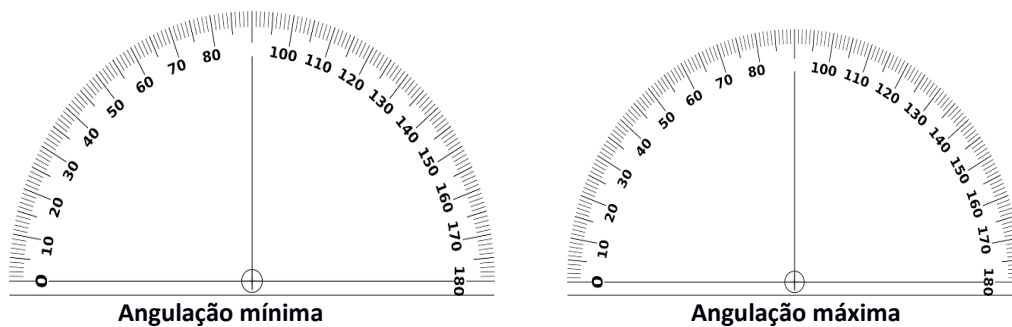


3.2 Considerando-se a aplicação de medicamento pela VIA SUBCUTÂNEA:

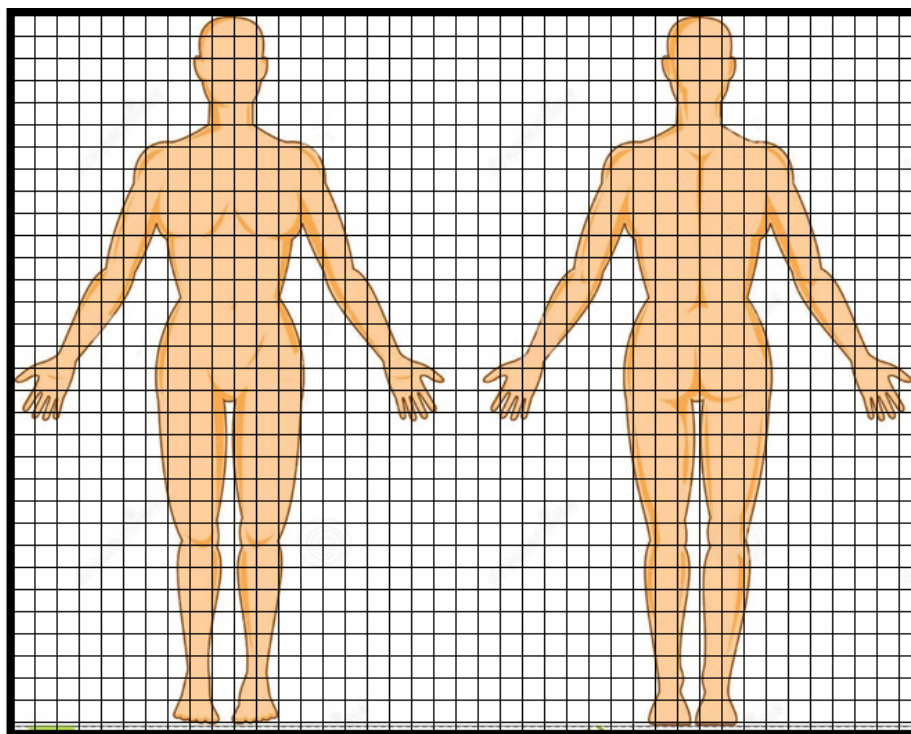
- Na figura abaixo destaque a faixa de variação aceitável para a realização da prega cutânea:



- 2) Destaque na figura abaixo as angulações mínima e máxima aceitáveis para a inserção da agulha no TECIDO SUBCUTÂNEO em relação à superfície da pele do paciente:



- 3) Circule na imagem o local de administração de injetáveis no TECIDO SUBCUTÂNEO:



- 4) Marque todas as alternativas que você não considera corretas em relação à inserção da agulha no paciente:
- () Picada muito rápida () Picada rápida () Picada lenta () Picada muito lenta

- 5) Levando em consideração que a velocidade de inserção de medicamentos por via intramuscular de 1ml/10s é considerada ideal, marque a alternativa que considerar correta quanto à variação desta velocidade na via subcutânea:

() Até 10% () Até 20% () Até 40% () Até 60% () A velocidade não é importante

- 6) Até que ponto a agulha deve ser introduzida no paciente?

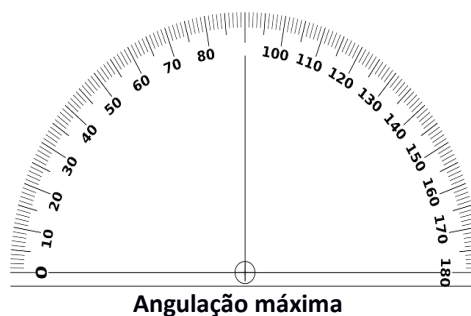
() Completamente () Parcialmente () Superficialmente

- 7) Qual velocidade você considera adequada para a retirada da agulha após a administração do medicamento?

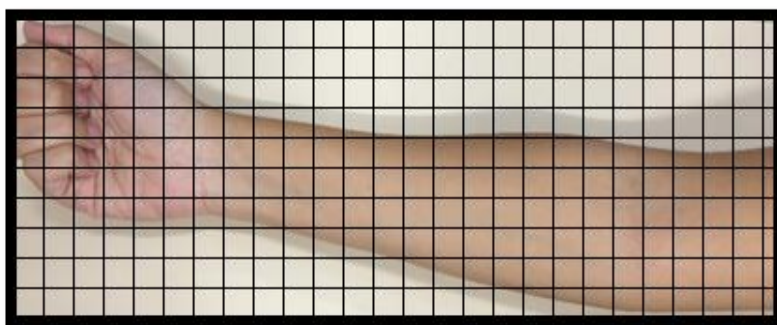
() Extremamente rápida () Rápida () Lenta () Extremamente lenta

3.3 Considerando-se a aplicação de medicamento pela VIA INTRADÉRMICA

- 1) Destaque na figura abaixo as angulações mínima e máxima aceitáveis para a inserção da agulha na região da DERME em relação à superfície da pele do paciente:



- 2) Circule na imagem o local de administração de injetáveis na região da DERME:



- 3) Marque todas as alternativas que você não considera corretas em relação à inserção da agulha no paciente:

() Picada muito rápida () Picada rápida () Picada lenta () Picada muito lenta

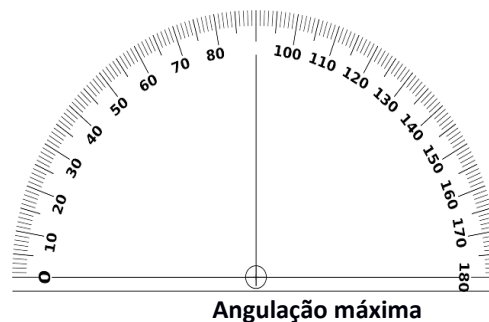
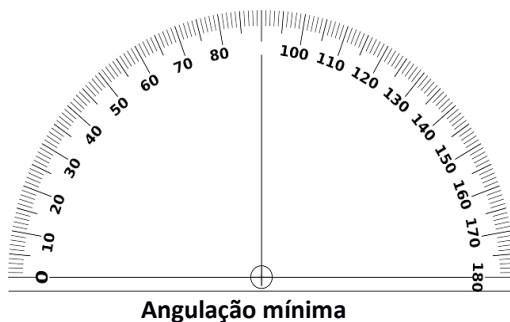
- 4) Levando em consideração que a velocidade de inserção de medicamentos por via intramuscular de 1ml/10s é considerada ideal, marque a alternativa que considerar correta quanto à variação desta velocidade na via intradérmica:

() Até 10% () Até 20% () Até 40% () Até 60% () A velocidade não é importante

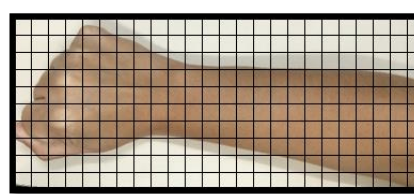
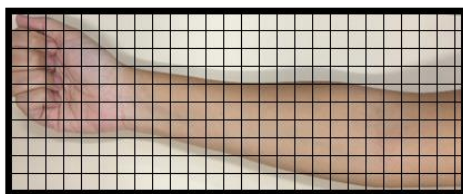
- 5) Até que ponto a agulha deve ser introduzida no paciente?
☐ Completamente ☐ Parcialmente ☐ Superficialmente
- 6) Qual velocidade você considera adequada para a retirada da agulha após a administração do medicamento?
☐ Extremamente rápida ☐ Rápida ☐ Lenta ☐ Extremamente lenta
- 7) Qual procedimento você considera adequado antes de inserir a agulha no paciente?
☐ Distender a pele com o dedo polegar e o dedo indicador da mão não-dominante
☐ Distender a pele com o dedo polegar e o dedo indicador da mão dominante
☐ Não distender a pele
- 8) Em relação à antissepsia na pele do paciente, quais das opções você considera correta (s)?
☐ Passar um algodão seco
☐ Passar um algodão umedecido com soro fisiológico
☐ Passar algodão umedecido com álcool

3.4 Considerando-se a aplicação de medicamento pela VIA ENDOVENOSA:

- Destaque na figura abaixo as angulações mínima e máxima aceitáveis para a inserção da agulha no MEMBRO SUPERIOR em relação à superfície da pele do paciente:



- Circule na imagem o local de administração de injetáveis no MEMBRO SUPERIOR:



- Marque todas as alternativas que você não considera corretas em relação à inserção da agulha no paciente:
☐ Picada muito rápida ☐ Picada rápida ☐ Picada lenta ☐ Picada muito lenta

- Levando em consideração que a velocidade de inserção de medicamentos por via intramuscular de 1ml/10s é considerada ideal, marque a alternativa que considerar correta quanto à variação desta velocidade na via endovenosa:
() Até 10% () Até 20% () Até 40% () Até 60% () A velocidade não é importante
- Até que ponto a agulha deve ser introduzida no paciente?
() Completamente () Parcialmente () Superficialmente
- Qual velocidade você considera adequada para a retirada da agulha após a administração do medicamento?
() Extremamente rápida () Rápida () Lenta () Extremamente lenta
- Qual distância em relação ao local de inserção da agulha você considera adequada para garrotear a pele do paciente?
() 4cm () Entre 2cm e 4 cm () Entre 4cm e 6cm () Acima de 6cm
- Marque as alternativas que você considerar corretas:
() Apalpar a pele do local escolhido para selecionar a veia
() A palpação da pele não é obrigatória
() Fixar a veia e esticar a pele com o auxílio do dedo polegar
() Posicionar o bisel da agulha voltado para cima
() Posicionar o bisel da agulha voltado para baixo
() A posição do bisel não influencia no procedimento
- Em relação ao garrote, marque todas as alternativas que você considerar corretas:
() É indispensável que o garrote seja solto antes de introduzir o medicamento
() É indispensável que o garrote seja solto após introduzir o medicamento
() É indispensável que o garrote seja solto após a retirada da agulha
() Não existe momento adequado para soltar o garrote.