

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO



# Jogo interativo para reabilitação de pacientes com cancro da mama

Edgar Manuel Moreira Alves Velasco Costa

MONOGRAFIA DE PREPARAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Orientador: Hélder Filipe Pinto de Oliveira (PhD)

Co-Orientador: Luís Filipe Pinto de Almeida Teixeira (PhD)

Fevereiro de 2015

# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Resumo</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Introdução</b>	<b>3</b>
2.1	Motivação . . . . .	3
2.2	Objetivos . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Problemática</b>	<b>5</b>
3.1	Anatomia da Mama . . . . .	5
3.2	O Sistema Linfático Mamário . . . . .	5
3.3	Carcioma da Mama . . . . .	6
3.4	Tratamento do Cancro da Mama . . . . .	7
3.5	Dissecação do nó linfático . . . . .	8
3.6	Linfedema . . . . .	8
3.7	Tratamento do Linfedema . . . . .	9
3.8	Consequências . . . . .	10
<b>4</b>	<b>Estado da arte</b>	<b>12</b>
4.1	Detecção precoce de linfedema . . . . .	12
4.1.1	Métodos de avaliação . . . . .	12
4.1.2	Métodos utilizados para a deteção de Linfedema . . . . .	12
4.1.3	Deteção de Linfedema com 3D . . . . .	14
4.2	Detecção de Movimento . . . . .	15
4.2.1	Não Visuais . . . . .	16
4.2.2	Visuais . . . . .	17
4.3	Câmeras RGB-D . . . . .	19
4.3.1	Kinect . . . . .	20
4.4	Avaliação do Movimento do Membro . . . . .	23
4.4.1	Métodos Subjectivos na Avaliação do Movimento dos Membros Superiores . . . . .	23
4.4.2	Métodos Objectivos na Avaliação do Movimento dos Membros Superiores . . . . .	24
4.5	Jogos Sérios . . . . .	25
4.6	Conclusão . . . . .	27
<b>5</b>	<b>Metodologia</b>	<b>29</b>
5.1	Tarefas e Calendário . . . . .	29
5.2	Aquisição de dados para a Aplicação . . . . .	29
<b>6</b>	<b>Conclusão</b>	<b>32</b>

# 1 Resumo

O cancro da mama é o cancro mais comum entre as mulheres e o segundo mais fatal entre estas. Atualmente são detetados em Portugal cerca de 4500 novos casos de cancro da mama, sendo que 1/3 é fatal. No entanto esta doença não é apenas exclusiva das mulheres, afetando também 1 por cento da população masculina.

Um dos fatores importantes para os pacientes desta doença é o tipo de tratamento escolhido e a qualidade de vida depois da operação. Contudo, técnicas de tratamento comuns, como o caso da radioterapia ou da remoção cirúrgica dos nódulos linfáticos da axila, levam a danos no funcionamento dos membros superior dos pacientes, como uma limitada mobilidade do braço e o seu inchaço, o que normalmente precede o aparecimento do linfedema crónico. Desta forma, após o tratamento do cancro de mama, é fundamental a paciente manter uma atividade física contínua de modo a evitar o aparecimento do linfedema. Esta atividade física é recomendada através de um conjunto de exercícios para efetuar com supervisão médica, o que implicaria perda de tempo de funcionários especializados.

O aparecimento das novas tecnologias tem levado a grandes alterações na sociedade. A tecnologia sempre foi utilizada como uma ferramenta importante na saúde e um grande contributo para o aumento da esperança e qualidade de vida da sociedade. Um dos problemas na fisioterapia é a motivação dos pacientes. Hoje em dia os jogos têm sido utilizados em diversos contextos, permitindo ser utilizados como uma ferramenta tecnológica que permite resolver o problema da motivação e a perda de tempo de funcionários especializados. Desta forma, neste trabalho irá ser investigado um modelo de reabilitação para pacientes com cancro de mama através da utilização da Kinect, e desenvolver-se uma aplicação neste sentido, que instruí o paciente na execução dos exercícios e realiza uma avaliação da sua performance.

## 2 Introdução

O cancro da mama é considerado um problema de saúde pública e é o cancro mais comum entre mulheres, representando 23% de todos os cancros. Uma em cada dez mulheres irá ter cancro da mama em qualquer ponto da sua vida [61]. Aproximadamente 25% das pacientes diagnosticadas com cancro da mama apresentam células cancerígenas no nó linfático da axila. Dessa forma, para além da remoção do tumor, os tratamentos normalmente incluem a remoção dos nós linfáticos e radioterapia [58][39][40].

Recentemente a deteção do cancro através das mamografia permite uma intervenção num estado inicial da doença e assim reduzir o número de incidências de metástases e tumores nos nós linfáticos permitindo conservar estes [39]. A deteção inicial da doença assim como tratamentos conservativos tem permitido a não remoção de nós linfáticos na axila. No entanto foi demonstrado que o linfedema pode também ocorrer após operações simples como cirurgias conservativas ou a radiação do tratamento[22].

A ocorrência de linfedema secundário devido ao cancro da mama varia entre 6% a 67%. Esta complicação ocorre principalmente por remoção cirurgia dos nós linfáticos ou devido à radiação utilizada nos tratamentos. O linfedema é uma doença crónica, progressiva, incurável que implica inchaço da mão, braço, peito, torso ou ipsilateral e que leva a uma sobrecarga física, funcional e psicossocial nos pacientes[67]. A maioria das pacientes é capaz de realizar a sua vida normal, contudo, algumas pacientes sofrem de depressão, ansiedade e imparidades relacionadas com o seu íntimo, trabalho e relações sociais devido a aparência do membro afetado[16]. Nalguns casos mais extremos o linfedema pode levar a alterações na pele, dor e perda da sensibilidade do membro [67].

### 2.1 Motivação

Em 1998 foi declarado pelo diretor do Instituto Nacional do Cancro da América que 8.5 milhões de Americanos sobreviviam depois de diagnosticado cancro, e que dessa fração, cerca de 2 milhões eram sobreviventes de cancro da mama. Desde então muitos médicos e cientistas começaram a estudar a qualidade de vida depois do tratamento ao cancro da mama [65].

O cancro da mama apresenta como principal tratamento a mastectomia. Esta é uma cirurgia que implica retirar totalmente ou parcialmente a mama. Os pacientes submetidos a este processo cirúrgico ficam sujeitos a diversas complicações sendo uma delas o linfedema [5] [84]. O linfedema é uma doença que tem vindo a receber alguma atenção ultimamente, em grande parte devido ao aumento de pacientes que sofre desta complicação. O linfedema é um problema grave para um grande número de mulheres pois diminui a sua qualidade de vida e não existem tratamentos absolutos. Exceto a recorrência do cancro da mama, nenhum malfeito é mais temido que o desenvolvimento do linfedema.

O linfedema não é curável, contudo pode ser controlado através da deteção no estado inicial e um tratamento apropriado [52]. Recentemente existem várias formas de tratamento de linfedema como medicamentos e cirurgias. Contudo a maior parte destes tratamentos são incompletos e não tem tido sucesso pois só tratam o membro e não permitem a movimentação do fluido que se encontra estagnado. Para além disso estes tratamentos são desconfortáveis e dolorosos e de difícil adaptação [85]. Desta forma o tratamento recomendado a pacientes trata-se duma combinação de ligaduras de compressão com fisioterapia que permitem assim melhorar o fluxo linfático .

O linfedema é um incomodo físico e emocional que pode ocorrer em pacientes mastectomizadas, e que pode ter como efeito secundário depressão, ansiedade e necessidade de seguimento psicológico ou psiquiátrico. O linfedema provoca na paciente um dano estético e um prejuízo funcional do membro afetado assim como várias consequências mentais. O braço com linfedema pode atrair a atenção de outras pessoas o que pode levar a uma diminuição do interesse nas atividades sociais e de auto-estima por parte da paciente que apresenta essa complicação. Para além do lado estético e social é de reforçar que se o linfedema não for controlado poderá aumentar o volume do membro e aumentar as dificuldades na realização das tarefas domésticas e no trabalho [64].

A utilização de recursos computacionais e técnicas como a Realidade Virtual (RV) são iniciativas que permitem realizar um tratamento duma forma inovadora e que permitem motivar a paciente. Desta forma, o uso de ambientes virtuais com interação em jogos pode ser uma solução extremamente viável para pessoas que necessitam passar por este processo de reabilitação, contrapondo aos procedimentos tradicionais que podem tornar-se repetitivos, desmotivantes e onde nem sempre se obtém resultados

satisfatórios.

## 2.2 Objetivos

Após o tratamento do cancro da mama, é essencial os pacientes manterem uma atividade física contínua, a fim de recuperar a mobilidade dos membros superiores. Desta forma, um programa de exercício em casa é recomendado. No entanto, os pacientes nem sempre realizam os exercícios como deveriam.

De forma a combater esta problemática é necessária a implementação de um novo modelo de reabilitação para pacientes com cancro de mama. A ideia do modelo de reabilitação que será parte do estudo neste trabalho tem como funcionalidade instruir a paciente sobre como executar os exercícios e fazer uma avaliação do seu desempenho aproveitando a tecnologia do dispositivo Kinect.

Neste trabalho será investigado um jogo sério que numa forma divertida permitirá o utilizador realizar os movimentos indicados pelo fisioterapeuta na sua recuperação. Os exercícios serão indicados para a parte superior do corpo e para o ambiente de casa de forma a facilitar a reabilitação da mobilidade do braço/ombro e reduzir o risco de linfedema.

Toda a investigação dependerá da disponibilidade de exemplos de treino e irá beneficiar dos conjuntos de dados que irão ser adquiridos com a parceria de investigadores do Hospital São João.

## 3 Problemática

### 3.1 Anatomia da Mama

A mama é um órgão altamente eficiente usado principalmente para produzir leite. É uma massa glandular de gordura e tecidos fibrosos posicionados ao longo dos músculos peitorais da parede torácica[30].

A forma da mama é semelhante a uma gota e estende-se até a axila, conhecida como a cauda de Spencer. Cada glândula mamária consiste entre 15 a 20 lobos glandulares. Por sua vez, cada lobo é composto por mais de 40 lóbulos mais pequenos, também conhecidos como ductos lobulares terminais. Os lóbulos terminam em vários bulbos que são as células responsáveis pela secreção de leite. Os lobos, lóbulos e bulbos estão todos interligados pelos ductos.

Os ductos vão até o mamilo (papila), localizado no centro da área escura da pele, que se chama aréola. As outras partes da mama são preenchidas por gordura e tecido conjuntivo de sustentação.

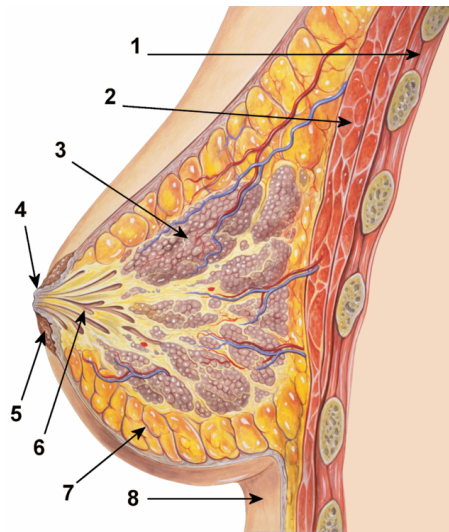


Figura 1: 1. Caixa torácica; 2. Músculo peitoral; 3. Lóbulos; 4. Mamilo; 5. Aréola; 6. Ductos; 7. Tecido adiposo; 8. Pele <sup>1</sup>

### 3.2 O Sistema Linfático Mamário

O sistema linfático compreende uma extensa rede de vasos [43]. Os vasos linfáticos têm a função de drenar o excesso de líquido que sai do sangue e banha as células. O excesso de líquido que circula nos vasos linfáticos (linfa) é devolvido ao sangue.

O sistema linfático possui três funções:

1. Remoção dos fluidos em excesso dos tecidos corporais,
2. Absorção dos ácidos gordos e transporte subsequente da gordura para o sistema circulatório,
3. Produção de células imunes (como linfócitos, monócitos e células produtoras de anticorpos conhecidas como plasmócitos).

Nos membros superiores, todos os vasos linfáticos drenam para os gânglios linfáticos da axila. Além disso, estes gânglios recebem fluídos da parte superior das costas e ombro, parte inferior do pescoço e do peito. Em relação ao peito, aproximadamente 75% da drenagem da linfa das glândulas mamárias é realizada através dos vasos linfáticos dos gânglios linfáticos da axila.

<sup>1</sup>[http://www.centrodemama.com.br/paginas/pacientes\\_e\\_publico/anatomia\\_da\\_mama](http://www.centrodemama.com.br/paginas/pacientes_e_publico/anatomia_da_mama)

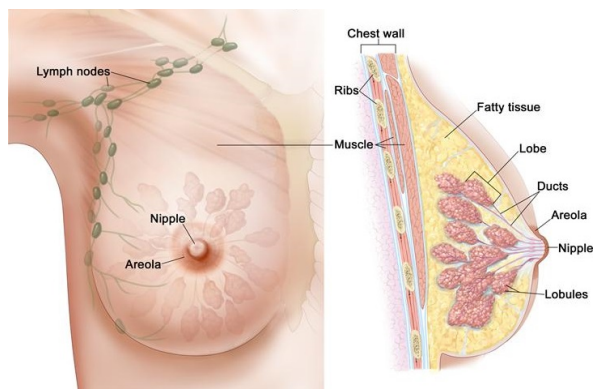


Figura 2: Sistema Linfático Mamário <sup>2</sup>

### 3.3 Carcinoma da Mama

O cancro da mama pode iniciar-se quando uma célula começa a crescer fora de controlo. As células tem um ciclo de vida que controla o seu crescimento, maturidade, divisão e morte. A divisão da célula e o seu crescimento é controlado pelo ácido desoxirribonucleico (ADN). O ADN é uma molécula altamente complexa fabricada no núcleo da célula e funciona como o "cérebro" desta. Numa célula humana, o ADN é arranjado em 46 secções distintas chamadas cromossomas que se encontram dispostos em pares. Juntos, os 46 cromossomas contém mais de 100.000 genes. Um gene é um segmento de ADN que determina a estrutura de uma proteína, que é necessária para o desenvolvimento e crescimento, bem como a realização de funções vitais no corpo. Uma célula com cancro aparece quando uma célula normal sofre danos no ADN que não é reparado e a célula não morre e divide-se propagando assim o dano.

O cancro da mama trata-se do aparecimento dum tumor maligno das células do peito. Normalmente o cancro da mama desenvolve-se nas células dos lóbulos ou nos ductos. Menos comunmente, o cancro da mama pode iniciar-se nos tecidos finos, o que inclui a gordura e tecidos conjuntivos fibrosos da mama. Existem diferentes tipos de cancro da mama que podem ser divididos em invasivos e não invasivos. Cancro da mama não invasivo é quando o cancro permanece no local de origem e o cancro não progride para tecidos dentro ou fora da mama. Um tipo de cancro não invasivo é o carcinoma ductal (DCIS) que é considerado uma lesão pré-cancerígena, ou seja, mesmo que as células anormais não se tenham espalhado, eventualmente poderá desenvolver-se num cancro da mama invasivo.

No cancro da mama invasivo, as células anormais espalham-se fora da membrana que reveste uma conduta ou lóbulo, espalhando-se assim para os tecidos mais próximos. As células podem viajar através da corrente sanguínea ou do sistema linfático para outras partes do corpo, como ossos, pulmões ou fígado, criando metástases. Alguns dos cancros da mama invasivos mais comuns são o Carcinoma Ductal Invasivo (CDI) e o Carcinoma Lobular Invasivo (CLI)[58].

Segundo estudos de 2013, o cancro da mama é o cancro que mais é diagnosticado entre as mulheres, sendo 29% das ocorrências de cancro entre as mulheres e o segundo cancro mais mortífero, sendo que de todas as vítimas fatídicas de cancro, 14% é devido ao cancro da mama (apenas ultrapassado pelo cancro dos pulmões)[74]. Como se pode observar na figura 3, o cancro da mama é o cancro que afeta um maior número de pacientes.

<sup>2</sup><http://cancermedicines.in/cancer-type-details.php?category=breast-cancer>

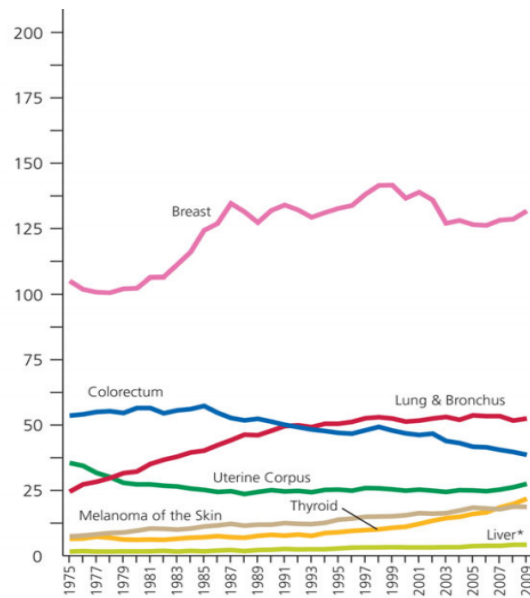


Figura 3: Tendências da incidência de cânceros no sexo feminino nos Estados Unidos entre 1975-2009 [74].

### 3.4 Tratamento do Câncer da Mama

O objetivo principal no tratamento do câncer da mama é controlar a doença com o objetivo de alcançar a cura. Os outros resultados desejáveis de tratamento incluem: aumentar as hipóteses de sobrevivência, minimizar o risco de metástases distantes, alívio dos sintomas e o retorno a uma vida de qualidade tão perto quanto possível da vida que se tinha antes do diagnóstico[69].

As diferentes formas de tratamento consistem em cirurgia, radioterapia e terapia sistemática (manipulação hormonal e drogas citotóxicas). O tratamento cirúrgico inicial do câncer da mama foi a excisão ampla, mas foi associada a uma elevada taxa de recorrência local e baixa sobrevivência.

A Mastectomia Radical (MR) levou a uma melhoria na taxa de recorrência local, mas o potencial curativo manteve-se limitado. Este método consiste na remoção cirúrgica do peito na totalidade.

Existem 5 tipos de Mastectomia Radical:

1. Mastectomia Simples/Total: envolve a remoção da mama, mamilo, auréola e os nós linfáticos.
2. Mastectomia Parcial: remove apenas a parte da mama com câncer e algum do tecido a sua volta.
3. Mastectomia Subcutânea (Preservação do Mamilo): existe a remoção de toda a mama exceto do mamilo.
4. Mastectomia Radical Modificada (MRM): remoção da mama, mamilo, auréola e os nós linfáticos da axila, contudo deixa a caixa torácica intacta.
5. Mastectomia Radical (MR): utilizada quando o tumor é grande e já se propagou para os músculos da caixa torácica.

Embora a Mastectomia Radical Modificada seja um procedimento menos mórbido comparado com a Mastectomia Radical, o paciente continua a perder o peito. Numa tentativa de preservar o peito sem comprometer a sobrevivência do paciente apareceu a Terapia Conservativa da Mama. Este método consiste numa cirurgia conservativa ao peito (ressecção do tumor primário) seguida de radioterapia.

A terapia de radiação é normalmente usada depois da remoção cirúrgica do tumor de forma a erradicar qualquer resíduo de células cancerígenas. Contudo, alguns efeitos secundários deste tratamento, causado por interferências da drenagem linfática, incluem inchaço e aumento do peso do braço afetando assim a mobilidade do membro[33].



### 3.5 Dissecação do nó linfático

A principal rota de drenagem linfática do peito é através do grupo de nós linfáticos da axila. O sistema linfático facilita a propagação do cancro uma vez que as células cancerígenas podem entrar nos vasos linfáticos e começar a crescer nos nós linfáticos. Cerca de 40% das mulheres diagnosticadas com cancro da mama tem células cancerígenas nos nós linfáticos das axilas [41]. Desta forma, para além da remoção do cancro da mama através de cirurgia, é necessário a remoção de um ou mais nós linfáticos nas axilas para verificar se o cancro se espalhou pelo peito.

Dissecação de nós linfáticos na axila (*Axillary lymph node dissection/ALND*) tem sido utilizada na cirurgia ao cancro da mama desde a Mastectomia Radical[39]. Esta técnica envolve a remoção de no mínimo 6 nós linfáticos. Como se pode observar na figura 4, este tratamento implica a remoção de vários nós linfáticos na axila e leva a uma danificação do sistema linfático.

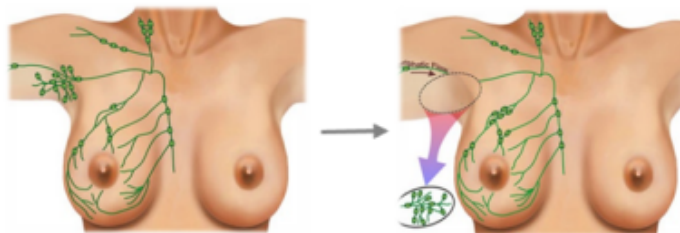


Figura 4: Dissecação dos nós linfáticos da Axila [58]

A dissecação ao nó linfático sentinela (*Sentinel Lymph Node Dissection/SLND*) foi introduzida no início dos anos 90 como um método mini-invasivo que investiga o estado da axila quando existe cancro da mama, permitindo não realizar a ALND caso os nós linfáticos não estejam em risco. O primeiro nó linfático a receber a linfa drenada do peito é chamado nó linfático sentinela (SLN). Desta forma, se este nó estiver livre do tumor, isto indica a ausência de metástases do cancro.

Se o paciente tiver um número limitado de metástases no SLN e utilizar um tratamento conservativo e terapia sistemática, a utilização do SLND comparada com ALND tem a mesma taxa de sobrevivência[39] e permite não extrair o sistema linfático na axila.

A interrupção do sistema linfático na axila irá ter como resultados a acumulação de fluidos no tecido subcutâneo do braço, o que levará a diminuição da flexibilidade do membro e ao aumento do peso deste. Desta forma funcionalidades significativas do braço ficam limitadas devido ao ALND [33].

### 3.6 Linfedema

Linfedema hereditário e condições hereditárias associadas ao linfedema são bastante raras ocorrendo a uma taxa de 1 para 500 pessoas (síndrome Klinefelter). No entanto, muitas pessoas adquirem o linfedema ao longo da sua vida, sendo que o maior número de casos de linfedema ocorre devido ao grande número de pacientes submetidos à cirurgia do cancro pélvico e da mama[80].

Linfedema no braço pode aparecer depois duma cirurgia de remoção do cancro da mama e terapia de radiação uma vez que o sistema linfático na axila é removido [33]. Linfedema é uma tumefação<sup>3</sup> de algum órgão do corpo, decorrente da perturbação ou obstrução na circulação linfática<sup>4</sup> como consequência de uma drenagem linfática deficiente [4]. Consiste numa acumulação do fluido linfático no tecido intersticial/ conjuntivo<sup>5</sup>, o que causa edema<sup>6</sup>, mais frequente em braços e pernas, quando os vasos linfáticos estão prejudicados.

Uma vez que o fluido linfático é rico em proteínas, ocorre uma acumulação de proteínas na região afetada, o que pode causar redução na disponibilidade de oxigénio e fornecer um meio de cultura

<sup>3</sup>aumento de volume

<sup>4</sup>responsável pela absorção de detritos e macro moléculas que as células produzem durante o seu metabolismo

<sup>5</sup>grupo de tecidos orgânicos responsáveis por unir, ligar, nutrir, proteger e sustentar os outros tecidos

<sup>6</sup>acumulação anormal de líquido no compartimento extra-celular intersticial

bacteriana, resultando em linfagite<sup>7</sup>.

Embora o linfedema geralmente afeta um ou mais membros, os seus efeitos podem manifestar-se em outros órgãos. É normalmente uma doença crónica, não importando a patogénese<sup>8</sup>, que coloca obstáculos físicos e psicológicos de longo prazo para o paciente[80].

A incidência de linfedema depois do tratamento para cancro da mama pode variar entre 6% a 67%, dependendo da extensão da cirurgia e o uso de radioterapia [65] [71].

O linfedema pode ser dividido em 3 fases[42]:

1. Durante a primeira fase, "reversível", observa-se a presença do edema<sup>9</sup>.
2. Na segunda fase, denominada como "espontaneamente irreversível", a pele começa a ficar mais espessa e ocorre um aumento do número de queratinócitos<sup>10</sup> e das células do tecido conjuntivo.
3. Na terceira e última fase, "elefantíase"<sup>11</sup>, é caracterizada por hiperqueratose<sup>12</sup> e por um aumento colossal do volume do membro.

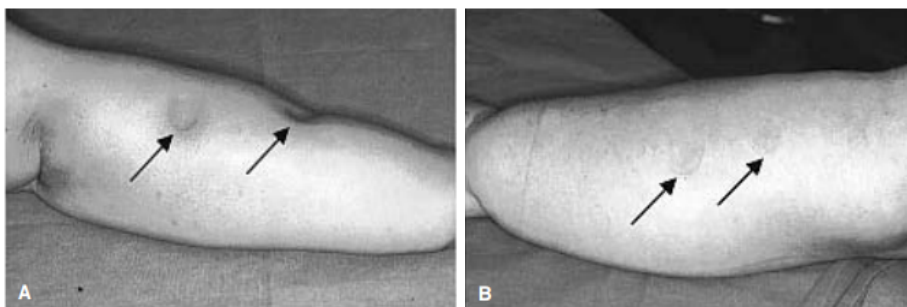


Figura 5: a) Fase I b) Fase II [12]

O Linfedema continua a ser uma consequência incurável da remoção cirúrgica dos nós da axila. Contudo, os terapeutas continuam focados em minimizar o edema e restaurar a funcionalidade do membro. Para além disto, foi comprovado que um edema controlado minimiza o risco de doença crónica e reaparecimento de infeções no membro[37].

### 3.7 Tratamento do Linfedema

Existem diversas maneiras de fazer o tratamento para o linfedema. Contudo, todas elas são caras e dispendiosas[11]:

1. **Elevação:** Não é considerado como fisioterapia e é uma das primeiras intervenções recomendadas por oncologistas e cirurgiões. O mecanismo da elevação no controlo do linfedema ainda não foi comprovado, no entanto alguns autores [10] indicam que a elevação do membro reduz a pressão hidrostática intra vascular e dessa forma diminui as forças intra vasculares responsáveis em parte pela produção da linfa.
2. **Massagens:** Dentro do canais linfáticos, existem válvulas que permitem ao fluído linfático fluir na direção do coração. Ao massajar ao longo do braço até ao coração, as válvulas permitem o fluido deslocar-se na direção correta (do braço para o sistema circulatório).

<sup>7</sup>inflamação de um ou mais vasos linfáticos

<sup>8</sup>modo como os agentes patogénicos agredem o nosso organismo e os sistemas naturais de defesa reagem, surgindo mesmo assim, lesões e disfunções das células e tecidos agredidos, produzindo-se a doença

<sup>9</sup>acumulo anormal de líquido no compartimento extra-celular intersticial

<sup>10</sup> principal tipo de célula da epiderme. Células responsáveis por produzir a queratina

<sup>11</sup> doença parasitária que afeta a circulação linfática

<sup>12</sup> produção excessiva de proteínas, tais como as queratinas. Este termo é normalmente aplicado para referir um endurecimento da pele.

3. **Exercício Físico:** Lentamente, o exercício físico permite aumentar progressivamente o stress fisiológico colocado no braço afetado levando o corpo a aumentar a capacidade de trabalho máximo no membro afetado. Desta forma, atividades diárias comuns, como carregar compras, exigirão uma menor percentagem de capacidade máxima. O que traduz uma redução do agravamento do linfedema assim como uma melhor funcionalidade do membro e um aumento da qualidade de vida [71]. Alguns dados obtidos permitem demonstrar que o exercício facilita a circulação da linfa assim como a reabsorção das proteínas[11].
4. **Compressão:** A compressão é definida como a aplicação de uma pressão externa ao membro. Este método é utilizado por duas razões: tentar reduzir a formação do edema e para ajudar a remover o excesso de fluido linfático que já se encontra acumulado no membro. A compressão pode ser feita de duas formas distintas:

**Vestuário de Compressão:** são usados amplamente no controlo de linfedema.

**Compressão Pneumática:** imita os mecanismos fisiológicos naturais da ação de bombeamento dos músculos para retornar o fluido de volta para o sistema linfático e vascular. É seguro, não invasivo e simples de usar como se pode observar na figura 6.



Figura 6: Compressão Pneumática<sup>13</sup>

Caso este métodos de fisioterapia conservativa não resultem é sempre possível recorrer a cirurgia( liposucção) para reduzir o excesso de volume do membro [12] sem comprometer ainda mais o sistema linfático [13]. Contudo sem a prática de fisioterapia depois da liposucção o membro irá voltar ao estado inicial.

A farmacoterapia tem também sido sugerida como um suplemento para o tratamento do linfedema. A cumarina ou benzopirona tem um efeito benéfico sobre o linfedema. Esta classe de medicamentos funciona estimulando a proteólise <sup>14</sup>. Estes compostos fornecem um método para remover o excesso de proteínas e consequentemente o edema e suas sequelas (inflamações) [17]. Infelizmente, não existem dados sobre os efeitos a longo prazo ou toxicidades destes agentes [11].

### 3.8 Consequências

O linfedema traduz-se num incómodo físico e emocional para as mulheres mastectomizadas. Muitas delas experimentam depressão, ansiedade, e chegam a necessitar de seguimento psicológico ou psiquiátrico. O linfedema após a mastectomia causa para além do dano estético um prejuízo funcional do membro afetado, e sérias consequências mentais.

O braço com linfedema pode atrair a atenção das pessoas, tendo assim um efeito negativo no paciente com linfedema levando à perda de interesse em atividades sociais. Para além das complicações sociais as complicações físicas também comprometem a realização de atividades físicas como por exemplo a dificuldade na realização das tarefas em casa e no trabalho.

<sup>13</sup><http://www.arjohuntleigh.com/products/vascular-therapy/lymphoedema-therapy-pumps/>

<sup>14</sup>processo de degradação (digestão) de proteínas por enzimas, chamadas proteases, ou por digestão intramolecular

Esta complicação é considerada a que mais piora a qualidade de vida de um sobrevivente de cancro que tenha realizado uma remoção cirúrgica [60] e os primeiros sintomas aparecem em 90% dos casos até 3.9 anos depois da cirurgia, sendo que o máximo de tempo expectável para o aparecimento dos sintomas seja aproximadamente 4 anos [7].

Pouco se sabe sobre a prevenção do linfedema, e é considerada uma doença incurável, progressiva, desfigurante e incapacitante que é difícil de tratar [45].

## 4 Estado da arte

### 4.1 Detecção precoce de linfedema

#### 4.1.1 Métodos de avaliação

Existem duas maneiras de avaliar as alterações da parte superior do membro afetado pelo tratamento:

1. Em primeiro lugar, pode ser avaliada a alteração da forma dos membros superiores, ou seja, a identificação de um volume maior no membro afetado. Estes resultados podem indicar a presença de linfedema.
2. Em segundo lugar, apesar de métodos objetivos de avaliação funcional terem como foco a detecção do inchaço no braço é possível identificar outros aspetos de interesse funcional, como limitação da amplitude do movimento do ombro restrito e a redução da força e flexibilidade[58].

Para decidir qual o método de tratamento mais adequado deve-se ter em conta vários fatores como a sensibilidade e especificidade de medida, a capacidade de identificar linfedema precocemente (antes do paciente reportar sintomas avançados), se o método é acessível, transportável, prático para o uso clínico, não invasivo e eficiente.

Visto que diferentes métodos permitem avaliar diferentes elementos da doença, o uso de múltiplas formas de detecção e tratamento é o método ideal especialmente para detetar alterações ao longo do tempo [46].

Em muitos casos de doença avançada, um historial permite estabelecer o diagnóstico de linfedema com muita eficácia. No entanto, testes adicionais às vezes são necessários para confirmar a diminuição do fluxo linfático ou para detetar padrões típicos de distribuição anormal de fluido nos tecidos.

O diagnóstico é mais difícil de verificar nas fases iniciais, particularmente quando o edema é leve ou intermitente. No entanto para se obter com precisão o estado do sistema linfático é necessário realizar testes clínicos com grande precisão, sendo utilizado em geral as linfografias que consistem em injetar um agente contrastante.

Hoje em dia os dois métodos mais utilizados utilizando marcadores para a detecção são:

1. Isotopic lymphoscintigraphy: método que utiliza um marcador radioativo macro-molecular que é injetado subcutaneamente e depois é observado o marcador radioativo através de uma câmara de detecção de raios gama.
2. Contrast lymphography: método que consiste em introduzir nos vasos linfáticos uma base de iodo, solúvel nos líquidos, de alto contraste.

Contudo estes exames médicos, mesmo sendo de elevada taxa de detecção são de elevado custo e demasiado lentos e invasivos para o paciente [51]. Existem outros métodos que permitem de uma forma mais acessível e rápida a detecção, tendo a grande vantagem de não obrigarem a introdução de marcadores no paciente.

#### 4.1.2 Métodos utilizados para a detecção de Linfedema

Medidas pré e pós operação em ambos os braços são uma forma útil de avaliar e diagnosticar linfedema. As medidas circunferências devem ser feitas em 4 pontos: articulações metacarpo-falange, pulsos, 10 cm de distância dos epicôndilos laterais e a 15 cm dos epicôndilos laterais. Os médicos devem estar atentos a sintomas de fraqueza, inchaço e estreitamento do membro afetado. Uma diferença de mais de 2 cm ou de 10% entre os dois membros nalgum destes 4 pontos de medida podem justificar um tratamento [42][10] [9].

Contudo, este processo de medições é bastante lento, pelo que normalmente se faz a detecção de linfedema pela comparação do volume do membro saudável com o volume do membro doente. Para além da comparação do volume dos dois membros existem diversas metodologias que verificam a detecção de linfedema como se pode observar na Tabela 1.

Tabela 1: Métodos de medição de volume dos membros superiores

Método	Tempo	Deslocação	Eficácia	Custo	Complexidade
Deslocamento da água <sup>1</sup> [58][81] [29]	Rápido	Sem	Elevada	Baixo	Média
Roda de medição / <i>Measuring wheel</i> <sup>2</sup> [34]	Rápido	Sem	Baixa	Baixo	Baixa
Compassos de calibre automáticos <sup>3</sup> [34]	Rápido	Sem	Baixa	Baixo	Baixa
Medidas das circunferências <sup>4</sup> [58] [77]	Rápido	Com	Baixa	Baixo	Baixa
Perometer ® <sup>5</sup> [58] [78]	Médio	Sem	Elevada	Médio	Elevada
CT <sup>6</sup> [58] [30] [51]	Lento	Sem	Elevada	Média	Elevada
DEXA <sup>7</sup> [58] [70]	Lento	Sem	Elevada	Elevado	Elevada
BIS <sup>8</sup> [58] [23]	Médio	Sem	Média	Elevado	Média

<sup>1</sup>O membro é imerso em água disposta num recipiente e o volume de água deslocado representa o volume do membro. A água excedente pode ser pesada com uma balança eletrónica para poder obter uma melhor precisão

<sup>2</sup>O objetivo da roda de medição é calcular a distância por onde se desloca. Um contador vai incrementando quantas voltas a roda deu para percorrer a circunferência do membro. É importante garantir que a roda começa e acaba na mesma posição e que a roda se encontre sempre perpendicular ao membro.

<sup>3</sup> Tem como conceito medir a espessura de uma secção transversal do membro em vez de medir a circunferência. Estes valores são utilizados para aproximar a secção transversal do membro a uma elipse. O conceito é semelhante ao dos calibradores e utiliza um motor que automaticamente ajusta o aparelho ao membro.

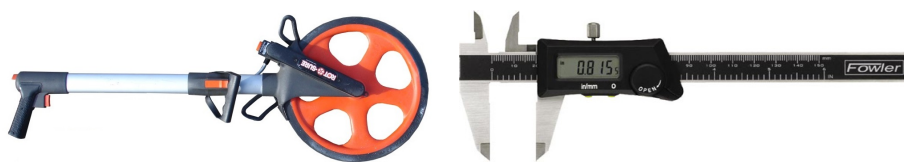


Figura 7: a) Roda de Medição / *Measuring Wheel* <sup>15</sup>b) Compasso de calibre automáticos <sup>16</sup>

<sup>4</sup>O volume pode ser estimada assumindo volumes cilíndricos/ cónicos e realizando várias medições ao longo do membro.

<sup>5</sup>O Perometer ® é um dispositivo que examina o membro através da interrupção de feixes de luz infravermelha no membro e obtém o volume do mesmo em curtos intervalos. O funcionamento consiste em pousar o membro horizontalmente sobre a estrutura que contém uma fonte de luz infravermelha que emite feixes de luz em dois lados e do lado oposto contém uma linha de sensores. O movimento da estrutura ao longo do membro permite o cálculo automático do volume a partir de um elevado número de medições feitas a um intervalo de 0,31mm.

<sup>15</sup><http://www.meonuk.com/rotosure-measuring-wheel>

<sup>16</sup>[http://gardco.com/pages/measuring\\_instru/mt/electdigital\\_calipers.cfm](http://gardco.com/pages/measuring_instru/mt/electdigital_calipers.cfm)

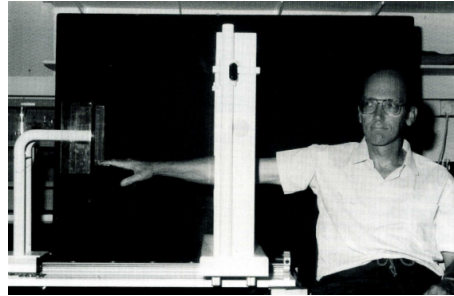


Figura 8: O paciente mantém o braço suspenso na horizontal enquanto o aparelho move-se ao longo do membro. O Perometer obtém o volume através dum grande número de medidas de diâmetro do membro [78].

<sup>6</sup>A tomografia computadorizada é uma tecnologia que usa raios-X processados por computador para produzir imagens tomográficas ('fatias' virtuais) de áreas específicas do objeto verificado, permitindo ao utilizador ver o interior. Desta forma permite determinar a secção geral transversal e a área e quantificar a densidade dos tecidos podendo assim detetar linfedema. O nível de precisão alcançada com este equipamento é inigualável por qualquer outra técnica não invasiva.

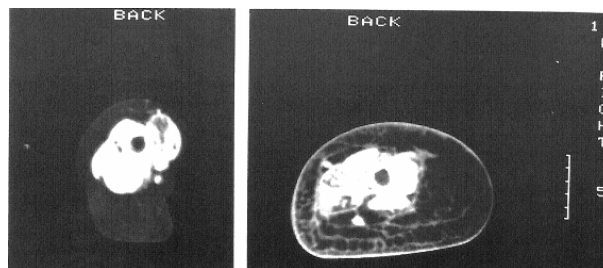


Figura 9: scan dum membro esquerdo (normal) e direito (com linfedema) duma paciente através duma tomografia[77]

<sup>7</sup>O DEXA (*Dual Energy X-ray Absorptiometry*) é utilizado para estudar a composição de tecidos e a densidade mineral óssea, e utiliza dois feixes de raios-X, com diferentes níveis de energia.

<sup>8</sup>O BIS (*Bioelectrical Impedance Spectroscopy*) é um processo que consiste em passar uma pequena corrente elétrica, numa gama de frequências que permite retirar informação, pelo corpo do paciente. Através das medidas da impedância obtidas é possível obter o volume do membro. O princípio de funcionamento consiste em que os fluídos intra e extra celulares funcionam como uma rede de resistências e as membranas celulares funcionam como condensadores imperfeitos. Medindo a impedância entre o membro doente e o membro saudável é possível detetar de uma forma eficaz o linfedema.

Na prática clínica as medidas das circunferências dos membros são usados principalmente porque são fáceis de realizar e por utilizarem o membro saudável como forma de comparação [14]. No entanto, a sua quantificação objetiva, especialmente o volume, sempre foi complicada de realizar [83], quer por motivos de duração, quer por motivos de precisão ou por serem de complicada utilização.

#### 4.1.3 Detecção de Linfedema com 3D

Desta forma surge a necessidade de arranjar novos métodos que permitam duma forma barata, rápida, acessível e não invasiva a deteção de linfedema.

A rápida evolução da tecnologia 3D na última década permitiu o desenvolvimento de várias e eficientes aplicações rentáveis em medicina. Assim, os métodos tradicionais de avaliação estão a ser substituído pelo uso de sistemas mais sofisticados [58]. Nos últimos anos tem vindo a ser propostos alguns sistemas de laser 3D que permitem a medição do volume de membros com edema como se pode observar na Tabela 2.

Tabela 2: Comparação de métodos 3D de medição de linfedema [58]

Sistema	Tempo	Complexidade	Precisão	Custo
<i>Polhemus Fastscan</i> <sup>1</sup>	Baixo	Elevada	Elevada	Elevado
CAML <sup>2</sup>	Baixo	Média	Elevada	Elevado
Sensor Infravermelho <sup>3</sup> (Kinet) com giroscópios e acelerômetros	Médio	Baixa	Elevada	Baixo

<sup>1</sup> O *Polhemus Fastscan*, consiste em passar um laser de baixa energia pelo membro. O instrumento lê a topografia tridimensional da superfície e de seguida cria um modelo digital do objeto. O volume exato é então calculado a partir dos dados obtidos. Este procedimento de digitalização é indolor e pode levar entre 5 a 10 m por membro [54].

<sup>2</sup> A CAML (*Computer Aided Measurement Laser*) é uma tecnologia de digitalização a laser 3D (FastSCAN<sup>TM</sup>) e desenho assistido por computador (CAD). As medições são recolhidas pelo laser que verifica o objeto (tamanho, forma, cor) em tempo real e em seguida, utiliza para projetar um modelo 3D do item através dum software que permite realizar desenhos técnicos (CAD).

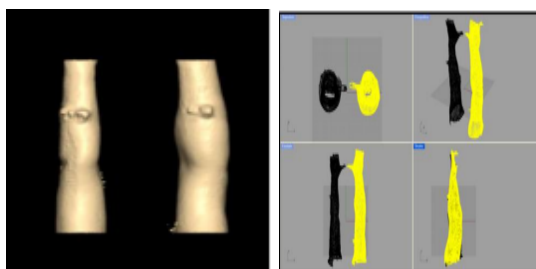


Figura 10: Modelo 3D do membro afetado e do membro saudável obtidos com a técnica CAML

<sup>3</sup>Por outro lado, foram criados métodos que permitem medir o volume do membro e deteção antecipada do edema através de sensores de imagem infravermelha, como a Microsoft Kinect. O sensor infravermelho é utilizado para capturar diferentes imagens do braço enquanto é movimentado a volta deste[52].

A Microsoft Kinect para além de permitir a deteção de linfedema numa forma acessível e barata permite também detetar o movimento do paciente, o que permite a sua utilização em fisioterapia.

## 4.2 Deteção de Movimento

Sistemas de rastreamento de movimento humano são sistemas que geram dados em tempo real que representam de forma dinâmica as mudanças da pose de um corpo humano (ou parte dela), com base em sensores de movimento [88].

Existem diversas maneiras de se realizar a deteção de movimento como se pode observar na figura 11 e na Tabela 3.



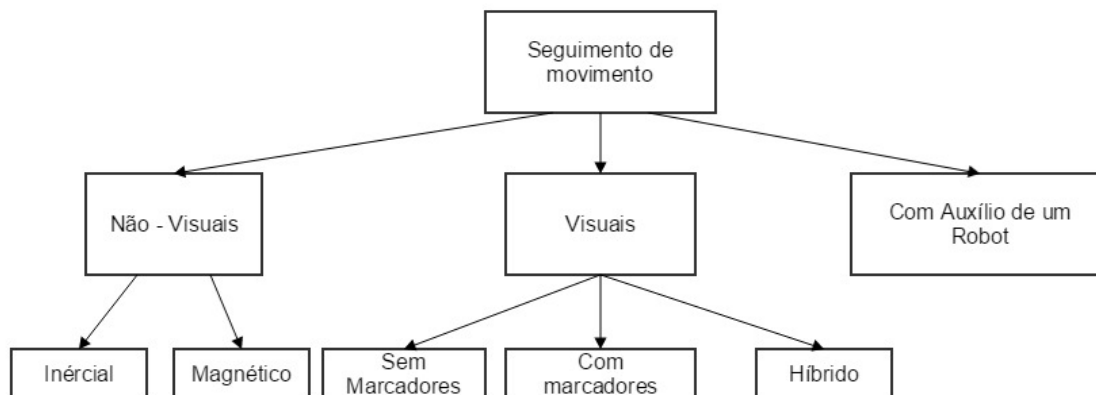


Figura 11: Classificação dos sistemas de detecção do movimento[88].

Tabela 3: Comparação dos diferentes sistemas de detecção do movimento de acordo com a Figura 11 [88]

Sistema	Precisão	Dificuldade Computacional	Custo	Desvantagens
Inercial	Elevado	Eficiente	Baixo	Desvios
Magnético	Médio	Eficiente	Baixo	Materiais Ferromagnéticos
Sem marcadores	Elevado	Insuficiente	Médio	Oclusão
Com marcadores	Elevado	Insuficiente	Baixo	Oclusão
Híbridos	Elevado	Insuficiente	Elevado	Multidisciplinar
Com Robot	Elevado	Insuficiente	Elevado	Movimento Limitado

#### 4.2.1 Não Visuais

Os sensores utilizados nesses sistemas aderem ao corpo do paciente a fim de recolher informações relativas ao movimento. Os sensores são geralmente classificados como mecânicos, inerciais e acústicos.

Alguns desses sistemas conseguem detetar variações muito ligeiras de amplitude, como movimentos dum braço até o movimento dum pé. De um modo geral, cada tipo de sensor tem as suas próprias vantagens e limitações.

1. **Inercial:** Sensores inerciais, como acelerômetros e giroscópios têm sido frequentemente utilizados na navegação e realidade aumentada. Estes são fáceis de usar e baratos.

Os sensores podem ser de alta sensibilidade e grandes áreas de captura. No entanto, a posição não pode ser corretamente determinada devido a ruídos de medição que levam a um fenómeno chamado *integration drift*. Este fenómeno ocorre uma vez que os pequenos erros obtidos por estes sensores são integrados em erros maiores na velocidade (no caso do acelerômetro), o que leva a erros ainda maiores na posição.

Os acelerômetros normalmente desempenham um grande papel se só é necessário obter informações de aceleração[88] e não de velocidade ou posição.

2. **Magnéticos:** Sistemas Magnéticos tem sido universalmente utilizados para rastreamento de utilizadores devido ao seu tamanho, elevada taxa de refrescamento e por não existir oclusão como nos sistemas de rastreamento visuais. Mesmo tento grande sucesso, estes sistemas tem fraquezas inerentes como latência e variações do atraso (*jitter*).

A latência surge devido à natureza assíncrona em que as medições do sensor são conduzidas enquanto o *jitter* aparece com a presença de dispositivos constituídos por ferro, dispositivos eletrônicos ou ruído nas medições[88].

#### 4.2.2 Visuais

A detecção de movimento é normalmente realizada usando sistemas com sensores visuais (ex: câmaras) que sejam assistidos com marcadores visuais colocados no corpo ou sem marcadores(Kinect).

A noção de seguimento visual do movimento humano é usado de forma diversificada na literatura, no entanto a sua definição consiste em dois processos [57]:

1. Segmentação *Foreground - Background*: Processo de separação dos objetos de interesse (humanos) do resto da imagem (Fundo). Métodos de segmentação *Foreground - Background* são muitas vezes aplicados como o primeiro passo em muitos sistemas e como um processo crucial.
2. Correspondência temporal: Processo de associar os utilizadores detetados na frame atual com as frames anteriores, fornecendo uma trajetória temporal através do espaço.

Os sistemas de detecção de movimento visuais podem ser divididos em dois grupos:

##### 1. Sistemas de Detecção de movimento baseado em marcadores

Sistemas de rastreamento visuais tipicamente utilizam pequenos marcadores colocados no corpo do utilizador e um conjunto de duas ou mais câmaras focadas no sujeito de forma a capturar o seu movimento. Um programa de processamento deteta o marcador capturado pelas câmaras, e através duma combinação da informação em 2D, calcula a posição em 3D do marcador através do tempo.

A grande limitação destes sistemas de rastreamento é na unidade de processamento que permite detetar a posição atual dos marcadores uma vez que o seguimento do marcador pode-se perder por instantes curtos de tempo, o software de processamento pode não detetar a posição do marcador ou então o marcador pode não ficar fotografado nas imagens (obstrução). Para resolver o primeiro problema deve-se utilizar um software de rastreamento apropriado enquanto que para o segundo problema é aconselhável utilizar múltiplas câmaras para capturar o movimento e para prevenir perder o marcador[49].

Hoje em dia existem vários sistemas de seguimento com marcadores disponíveis a nível comercial, como por exemplo o Meta motion ou o Vicon, onde são colocados marcadores óticos ou magnéticos ao utilizador e utiliza-se um método de triangulação nas posições dos marcadores para se obter o seguimento. Mesmo que estes produtos consigam bons resultados, estes são invasivos e difíceis de usar [6]. Estes Sistemas podem ser divididos em sistemas activos ou passivos, dependendo se os marcadores são ativos ou passivos [36]:

- (a) Sistemas baseados em marcadores ativos utilizam um conjunto de diodos emissores de luz (LED) ligados ao corpo do utilizador.
- (b) Sistemas baseados em marcados passivos utilizam luz infravermelha e marcadores refletores.

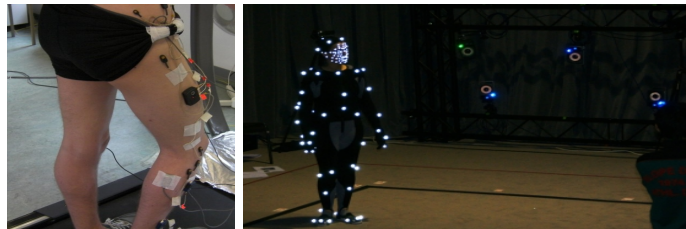


Figura 12: a) Utilizador com sistema ativo <sup>17</sup>b) Utilizador com sistema passivo (Vicon)<sup>18</sup>

<sup>17</sup><http://www.wizdish.com/clinical-tests/>

<sup>18</sup><http://www.vicon.com/system/kits>

## 2. Sistemas de Detecção de Movimento sem Marcadores

### (a) Sistemas de Seguimento Humano 2D

As abordagens destes sistemas é utilizar um modelo do corpo humano para comparar com os dados da imagem obtida e utilizar o conhecimento do movimento em 2D.

O modelo do corpo humano utilizado é o esqueleto (forma de representação mais simples do corpo humano) que consiste em segmentos de linha ligadas através das juntas, envolvidas em torno de bolhas [38].

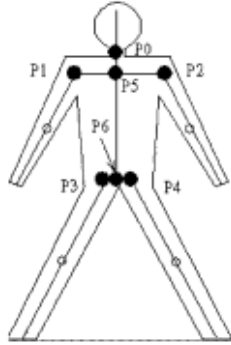


Figura 13: Modelo 2-D do corpo humano [58]

Algumas tentativas de segmentar e seguir o corpo humano sobre condições mais gerais foram feitas por Akita[2] e tinham como premissa que o movimento do ser humano é conhecido a priori na forma dum conjunto de figuras representativas das poses humanas ("key frames"). Este conjunto de figuras iria ajudar quando o seguimento falhasse. O conjunto de figuras continham os elementos pernas, cabeça, braços e tronco, e um modelo dum cone para se utilizar nas partes irregulares do corpo.

Outra forma de realizar a análise do movimento humano pode passar por ignorar a forma e por descrever o movimento humano em termos das características 2-D de uma região de interesse. Tal é possível através da segmentação do movimento, normalização no espaço e no tempo e reconhecimento através duma comparação com um modelo espaço-temporal de características de movimento[68]. Para aplicações que envolvam o ser humano, a região de interesse é normalmente obtida através dum processo de subtração de fundo ou deteção da cor de pele seguidos de operações morfológicas para remover ruído.

Outras abordagens[63] apresentam uma deteção dum objeto treinado para detetar pessoas, onde o sistema aprende com os exemplos e não confia em nenhum modelo a priori graças a um *template wavelet* que define a forma dum objeto em termos dum subconjunto dos coeficientes *wavelet* da transformada da imagem.

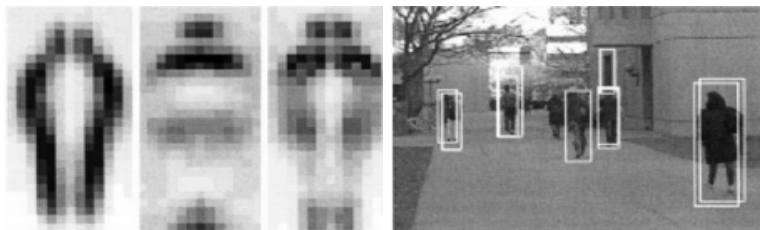


Figura 14: Deteção frontal e transeira: a) As características com coeficientes *wavelet*: vertical, horizontal, canto b) resultados de deteção com um classificador SVM [38]

### (b) Sistemas de Seguimento Humano 3D

Abordagens 2D têm várias restrições devido ao seu ângulo de visão. No entanto a utilização de técnicas 3D para a identificação de movimento humano tem a vantagem do conhecimento disponível a priori sobre as propriedades cinemáticas e a forma do corpo humano. Vários algoritmos de rastreamento 3D baseados em seqüências de imagens em 2D têm sido criados, mas dependem de modelos 3D detalhados das articulações que requerem significativamente mais graus de liberdade.

Para além destes métodos, é possível fazer seguimento 3D dum objeto utilizando várias câmaras. Um dos métodos desenvolvidos [21] consiste na utilização de 16 câmaras (todas com resolução 640\*480 pixels) para obter a representação em 3D de uma pessoa. A forma de uma pessoa pode ser obtida com a aproximação local convexa do volume ocupado pelo objeto. A construção da forma final consiste na projeção da silhueta de cada plano da câmara sendo o resultado da intersecção em 3D a forma visual da pessoa como se pode observar na Figura 15.

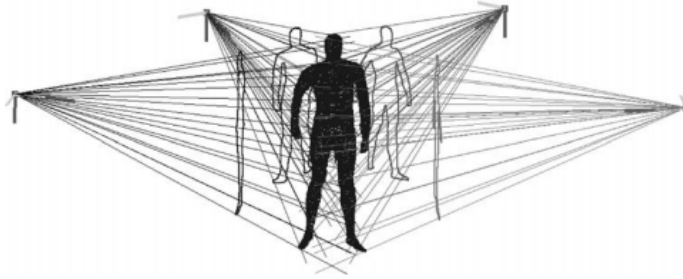


Figura 15: Conceito de Reconstrução da forma do objeto. As silhuetas do sujeito obtidas por câmaras diferentes são projetadas no espaço e a sua intersecção gera uma forma (aproximação local convexa do volume ocupado pelo sujeito) [21]

Existem muitos sistemas de deteção e rastreamento de pessoas utilizando ou câmaras RGB ou sensores 3D. No entanto a necessidade de robustez e de um sistema em tempo real levou a fazer face a estes problemas combinando os dados da imagem com a informação de profundidade [59]. Embora ambas as formas de rastreamento tenham vantagens e desvantagens, a sua distinção pode tornar-se obsoleta com a disponibilidade de sensores RGB-D que fornecem, duma forma confiável, dados de imagem e de profundidade [53].

### 4.3 Câmaras RGB-D

As câmaras RGB-D tem sido recentemente introduzidas em grande escala no mercado, essencialmente impulsionado por jogos e aplicações de computador e entretenimento. Estas câmaras funcionam como sistemas que capturam imagens RGB, juntamente com informações de profundidade. Dispositivos RGB-D têm grande potencial, mas o sistema de aquisição é limitada pela sua resolução de captura[62].

Estas câmaras permitem estimar a informação de profundidade do pixel e da imagem, com exceção de pontos sem informação de profundidade, como se pode observar na Figura 16. Estes pontos podem ocorrer ou porque o objeto está demasiado longe do sensor ou devido a oclusão do objeto.

Estes sensores combinam a informação obtida de cor com a informação de profundidade e permitem obter uma reconstrução em 3D. Para além disso, muitas câmaras RGB-D disponíveis, como a Microsoft Kinect são adequadas para aplicações biomédicas uma vez que são práticas, transportáveis de fácil instalação e permitem gravar e guardar os dados num computador [25].



Figura 16: Sensor de profundidade [87]

#### 4.3.1 Kinect

A Microsoft Kinect é um sensor de movimentos desenvolvido para o Xbox 360 e Xbox One, pela empresa Prime Sense. O Kinect criou uma nova tecnologia capaz de permitir aos jogadores interagir com os jogos sem a necessidade de ter nas mãos um controle.

Neste momento existem duas versões do hardware da Microsoft Kinect:

##### 1. Microsoft Kinect 1.0 Sensor

- Projetor Infravermelho
- Câmera de vídeo VGA colorida: com resolução máxima de 1600\*1200 pixels.
- Câmera Infravermelha: utiliza um sensor CMOS monocromático, que é capaz de converter a luz refletida em elétrons.

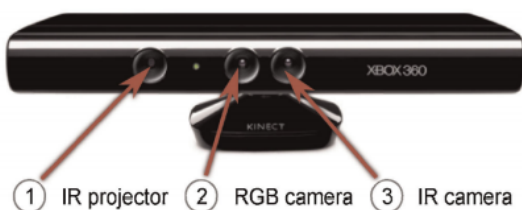


Figura 17: Componentes do Hardware da Microsoft Kinect [25]

O sensor de profundidade consiste no Projector e na Câmera Infravermelha e tem um funcionamento análogo ao sonar, que consiste na emissão de um som (pulso) e na medição do tempo que o som demora a refletir num objeto e a regressar. O funcionamento da Kinect consiste na emissão de um padrão infravermelho, como se pode observar na Figura 18, que é recebido pela câmara CMOS e é aplicado um filtro para passar apenas a banda infravermelha. O processador interno mede a diferença entre a imagem capturada e o padrão enviado. Para medir o deslocamento de cada pixel através de um procedimento de correlação é obtida uma imagem de dispersão que permite à Kinect calcular a distância do dispositivo a qualquer ponto da imagem [31].

A imagem de profundidade obtida pela câmara infravermelha tem um resolução máxima de 640\*480 pixels com 11 bits cada pixel, o que fornece 2048 níveis de sensibilidade. A qualidade desta imagem pode ser afetada pelas condições da luz. Um dos problemas recorrentes está relacionado com a criação de sombras devido à distância do projetor (iluminador) e da câmara IR. Esta sombra não permite o sensor estimar a profundidade naquela área.

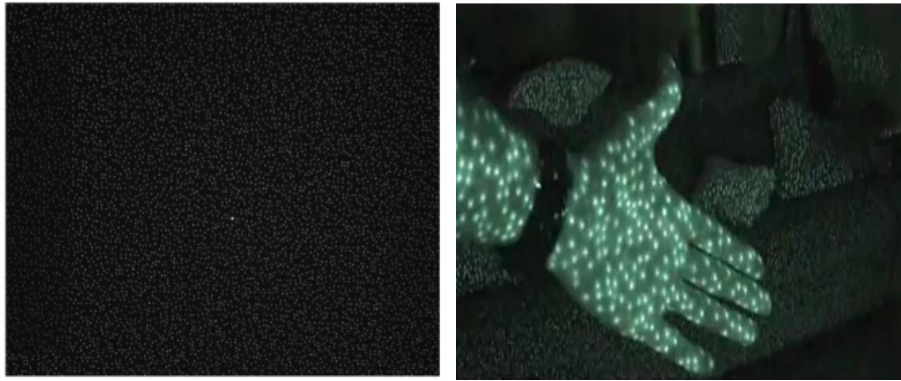


Figura 18: a) Padrão infravermelho emitido pelo dispositivo[31] b) Projeção de luz infra-vermelha nos objetos de uma cena [76].

## 2. Microsoft Kinect 2.0 Sensor

Nesta segunda versão a profundidade é obtida através duma câmara Time Of Flight (TOF). Estas câmeras obtêm a distância com base na quantidade de tempo que a luz demora a percorrer o caminho do sistema até ao objeto e depois de volta ao sistema. A diferença destas câmaras é que cada "pixel" tem um recetor independente que analisa a luz refletida e mede quanto tempo se passou entre a emissão do feixe de luz no meio envolvente e a sua receção. Dependendo da distância, a luz refletida pode sofrer atrasos. Este sistema tem como vantagens a simplicidade, eficiência do cálculo da distância e a velocidade, no entanto tem como desvantagens a interferência de vibrações, luz de fundo e múltiplas reflexões que possam ocorrer no feixe de luz [75].

Contudo em ambas as versões os dois sensores trabalham em conjunto para obter a informação toda em três dimensões, independente da iluminação do ambiente. Mesmo que o ambiente não possua iluminação, o Kinect, consegue distinguir as distâncias entre os objetos, o volume e a movimentação de cada um através da integração dos dois sensores a uma taxa de 30 vezes por segundo.

A grande inovação por detrás da Kinect consiste na técnica de Skeleton Tracking. O conceito de Skeleton Tracking consiste em idealmente conseguir detetar o movimento de qualquer pessoa, em qualquer lugar, sem qualquer calibração.

A representação dum corpo é feita através dum número de juntas que representam partes do corpo como a cabeça, pescoço ou ombros. Cada junta é representada por coordenadas 3D e tem como objetivo determinar todos os parâmetros 3D dessas articulações em tempo real para permitir a interatividade fluente através de limitados recursos.

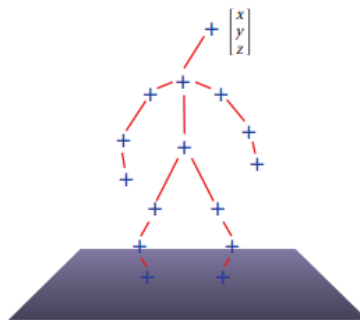


Figura 19: Representação dum esqueleto representativo das várias partes do corpo[87]

O algoritmo utilizado pelo Microsoft Kinect para detecção do esqueleto consiste em três etapas:

1. A primeira etapa é realizar pixel a pixel, a detecção e classificação das partes do corpo.
2. A segunda etapa consiste em prever as articulações do corpo encontrando um centroíde global de massa através do deslocamento médio.
3. A fase final consiste em mapear as articulações hipotéticas para as articulações do esqueleto e encaixar num esqueleto tendo em consideração a continuidade temporal e o conhecimento a priori do esqueleto humano.

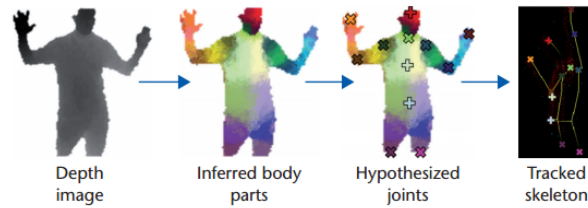


Figura 20: As etapas de rastreamento do esqueleto pela Kinect. a) Imagem de profundidade b) detecção pixel a pixel partes do corpo c) estipular a posição das articulações d) obtenção do esqueleto [87]

Mesmo existindo várias metodologias para a monitorização dos movimentos com resultados semelhantes ao da Kinect, estas no entanto, a fim de garantir medições precisas, usam sensores intrusivos ou marcadores colados às juntas, o que é desagradável ao utilizador [18].

Desta forma a Kinect surge como uma alternativa a fisioterapia tradicional e uma vez que este sistema é portátil e é relativamente barato em relação a sistemas semelhantes este surge como uma boa solução. Alguns estudos recentes fizeram uma análise profunda da captação de movimentos específicos com a Kinect e com um sistema de câmaras 3D, sendo que os resultados obtidos com a Kinect foram bastante positivos e comprovando a qualidade deste sistema na captação de movimentos [20]. Como se pode observar na Figura 21 é possível obter uma detecção do movimento semelhante a um sistema de câmaras 3D utilizando o Microsoft Kinect.

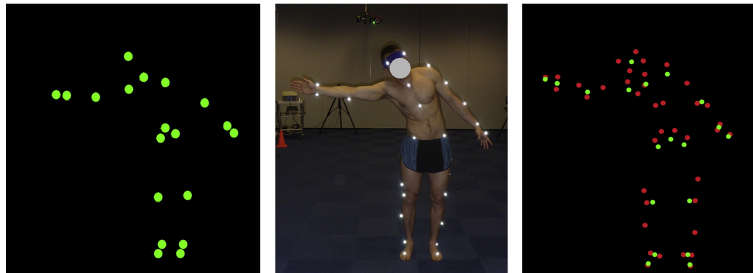


Figura 21: A) movimento detetado com uma Kinect B) Movimento do utilizador C) movimento detetado com um sistema de câmaras 3D [20].

Uma vez que a Kinect é barata, fácil de utilizar e pode ser usada tanto em casa como num ambiente clínico surge como uma ferramenta que facilita a reabilitação, permitindo a repetição dos exercícios fora das sessões de terapia [18].

## 4.4 Avaliação do Movimento do Membro

A avaliação do estado funcional após o tratamento do cancro de mama tem-se concentrado na deteção do linfedema [60]. Um estudo realizado em 2003 [32] sobre a morbidez da parte superior do corpo e a qualidade de vida do paciente demonstrou que restrições nos membros superiores do corpo é a maior fonte de decréscimo na qualidade de vida dum paciente depois do tratamento para cancro. Desta forma deveria ser dada mais atenção a outros aspetos de morbidez, como limitações na amplitude dos movimentos[58].

Desta forma é necessário um método objetivo, reproduzível e de baixo custo que consiga avaliar o movimento dos membros superiores depois do tratamento para cancro.

### 4.4.1 Métodos Subjectivos na Avaliação do Movimento dos Membros Superiores

Normalmente a avaliação do movimento dos membros superiores é feita através de medidas subjetivas dos pacientes [15]. Desta forma, múltiplos questionários foram desenvolvidos para obter os efeitos do ferimento na funcionalidade da parte superior do corpo [58].

Tabela 4: Escalas subjetivas utilizadas para avaliar a dor nos membros superiores de pacientes com cancro de mama.

Escola	Tipo de Medida	Descrição	Interpretação Clínica
PSFS <sup>1</sup> [19]	Medida clínica de funcionalidade	itens: 3; escala: 10 pontos	Quanto mais alta a pontuação melhor o resultado
DASH <sup>2</sup> [48]	Dor relacionada com a incapacidade da extremidade superior	itens:30; escala:5 pontos	Quanto mais baixa a pontuação melhor
UEFI <sup>3</sup> [79]	Funcionalidade da extremidade superior	itens:20; escala: 5 pontos	Quanto mais alta a pontuação melhor o resultado
KAPS <sup>4</sup> [50]	Sintomas e funcionalidade da extremidade superior	itens:13; escala: 5 pontos	Quanto mais alta a pontuação mais sintomas detetados e menos funcionalidades executadas
FACT-B <sup>5</sup> [26]	Qualidade de vida em doentes com cancro	itens:36; escala: 5 pontos	Quanto mais alta a pontuação melhor a qualidade de vida

<sup>1</sup> *Patient-Specific Functional Scale* (PSFS) foi desenvolvido como uma medida clínica de limitações funcionais relacionadas com o efeito de um tratamento. Os pacientes são convidados a identificar até 5 atividades de vida diária que são incapazes de realizar ou que estão a ter dificuldade como consequência do tratamento. Itens são classificados de acordo com o nível atual de dificuldade e permitem fornecer uma comparação de desempenho do nível de atividades ao longo do tempo.

<sup>2</sup> *Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand* (DASH) foi criado para medir as funcionalidades físicas e sintomas em pacientes com qualquer desordem que afete as extremidades superiores. Este formulário cobre sintomas como dor, fraqueza, entorpecimento e o grau de dificuldade em executar atividades

<sup>3</sup>O *Upper Extremity Functional Index* (UEFI) tem como objetivo avaliar o estado e funcionalidade das extremidades superiores em várias atividades, enquanto que <sup>4</sup> *Arm Problem Scale* (KAPS) foi desenvolvido para identificar problemas no braço e ombro em pacientes com cancro da mama.



Alguns questionários também são úteis para avaliar a qualidade de vida de sobreviventes do cancro da mama, como por exemplo o <sup>5</sup> *Assessment of Cancer Therapy-Breast* (FACT-B).

#### 4.4.2 Métodos Objetivos na Avaliação do Movimento dos Membros Superiores

Com o objetivo de avaliação das limitações das extremidades superiores existem vários métodos que incluem testes de flexibilidade, força e resistência. Destes testes o mais comum para pacientes com cancro é a goniometria [60] [82]. Este método é usado para avaliar a amplitude de movimento passiva e ativa do ombro. Através da comparação das medidas entre o membro afetado e não afetado é possível determinar restrição de mobilidade ou funcionalidade do ombro debilitada. Os movimentos analisados são normalmente: extensão, flexão, abdução, adução, rotação interna e rotação externa.

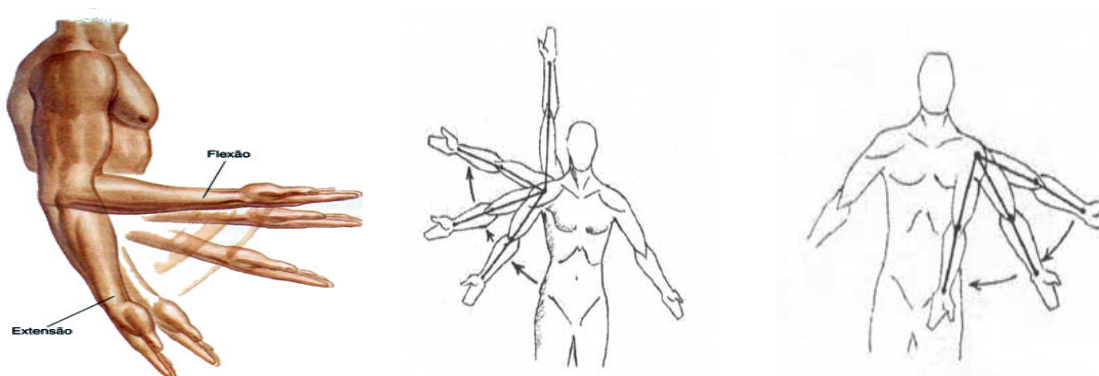


Figura 22: a) Flexão/Extensão b) Abdução c) Adução

Outras abordagens podem incluir a avaliação de força e resistência através do uso de um dinamómetro. Este método consiste em pedir aos pacientes para realizarem um conjunto de repetições, com 15 segundos de descanso entre eles, utilizando o dinamómetro [44].



Figura 23: Dinamómetro <sup>19</sup>

Para além da flexibilidade e da força existem outros métodos que permitem testar a velocidade e a exatidão do movimento. Por exemplo, o método Box and Blok é usado para medir a destreza manual unilateral bruta fazendo o paciente mover o número máximo de blocos de um compartimento para o outro dentro de 1 minuto. Por outro lado, o método Nine-hole Peg Test é usado para avaliar a destreza dos membros superiores, fazendo o paciente inserir 9 pinos dentro dum compartimento e depois retirá-los no mínimo tempo possível [27]. Contudo, estes métodos e outros semelhantes, não foram testados para pacientes com cancro da mama pelo que não se sabe a utilidade neste contexto [58].

<sup>19</sup><http://iapesensino.blogspot.pt/2014/05/hand-on-fisioterapia-intensiva-em-manaus.html>

## 4.5 Jogos Sérios

Um jogo representa uma atividade lúdica que engloba um conjunto de várias componentes. Entre elas há três obrigatórias:

1. Jogador: um ou mais elementos que procuram diversão partilhando ou disputando objetivos;
2. Regras: definem o modo como o jogo deve ser jogado;
3. Objetivos: conjunto de elementos que os jogadores tentam alcançar.

O jogo tem a capacidade de incutir no jogador a vontade de superar o desafio superando o(s) adversários(s) ou superando-se a si mesmo. É por isso uma atividade que além de divertida, é por vezes viciante sendo um grande foco de atenção para os jogadores[3].

Hoje em dia, o termo "jogos sérios" está a tornar-se cada vez mais popular. No entanto não existe uma definição única do conceito. O jogo está associado a diversão e ao lazer, contudo um jogo pode ser utilizado para fins mais lúdicos. Associando entretenimento à educação, podem-se criar jogos divertidos que captam a atenção do jogador e que ao mesmo tempo transmitem conhecimento – jogos sérios [66].

De acordo com Corti [24] Jogos sérios "é tudo sobre aproveitar as funcionalidades de jogos de computador para cativar e envolver os usuários para uma finalidade específica, como para desenvolver novos conhecimentos e habilidades".

Na área da saúde, existe sempre a necessidade de inovar com a finalidade de melhorar o estilo de vida da sociedade. Desta forma, a fisioterapia pode ser definida como uma ciência aplicada ao estudo, diagnóstico, prevenção e tratamento. Para os fisioterapeutas, a tecnologia tem um papel fundamental no aperfeiçoamento do tratamento fisioterapêutico uma vez que permite uma avaliação dos movimentos e exercícios realizados pelos pacientes na comodidade da sua casa, possibilitando um tratamento mais eficaz e personalizado [35].

A maioria dos jogos sérios utilizados na reabilitação não evoluem acima do estado de testes do protótipo com alguns pacientes ou indivíduos saudáveis. O fluxo de trabalho destes jogos passa por 5 etapas [72]:

1. calibração
2. configuração do jogo
3. jogabilidade
4. retorno do paciente
5. avaliação médica

Poucos são os sistemas que conseguem completar este fluxo, contudo os próximos 3 sistemas conseguiram completar este fluxo assim como obter resultados bastante animadores que comprovam a validade da Kinect como uma ferramenta a utilizar na reabilitação de pacientes:

1. **Jogo Sérioso para pacientes com paralisia cerebral (Kinerehab)** Este sistema de reabilitação foi utilizado para prevenir a atrofia dos músculos em pacientes com paralisia cerebral e permite ao mesmo tempo ensinar a realizar as tarefas diárias como escovar os dentes ou o cabelo.

O sistema é constituído pelo Microsoft Kinect, uma base de dados e instruções de utilização do jogo em vídeo e voz. Contudo, os resultados obtidos tiveram apenas uma eficiência de 80% na deteção do movimento, uma vez que os utilizadores utilizavam cadeira de rodas e isso levou a erros de rastreamento da Kinect. Contudo, os utilizadores e os fisioterapeutas ficaram extremamente interessados no sistema[47].

2. **Jogo Sérioso para reabilitação de doentes crónicos** [72]

Uma doença crónica é definida como sendo uma doença que não é resolvida num tempo curto. Normalmente são doenças que não põem em risco a vida da pessoa num prazo curto, logo não são

emergências médicas. No entanto, elas podem ser extremamente sérias, e várias doenças crônicas, como por exemplo certos tipos de cancro podem causar a morte do doente. As doenças crônicas incluem também todas as condições em que um sintoma existe continuamente, e mesmo não pondo em risco a saúde física da pessoa, são extremamente incomodas e levam a uma diminuição da qualidade de vida. Desta forma, foi realizado um jogo sério com o intuito de melhorar a qualidade de vida de um doente crônico.

De forma a suportar diversas formas de aquisição de imagem, este jogo sério está preparado para duas formas diferentes de captação de movimento:

(a) Sistema de Câmaras Profissionais:

Este sistema faz a detecção do movimento (MoCap) através de marcadores passivos. O rastreador utilizado neste sistema de captura de movimento é um iotracker, que é um marcador passivo baseado num sistema de rastreamento infravermelho.

São utilizadas câmaras Iotracker para a aquisição da imagem. Estas câmaras estão sincronizadas e tem uma frequência de aquisição de 60Hz. Para fazer com que (apenas) os marcadores passivos sejam visíveis nas imagens da câmara, estas são equipadas com luzes estroboscópicas de infravermelho e filtros de passagem de banda ótica.

As medições obtidas tem uma baixa latência (20-40ms), *jitter* mínimo (RMS menos de 0,05 mm) e uma precisão absoluta de +/- 0,5 centímetros.

(b) Kinect:

O jogo sério tem também integrado o Kinect como sistema de aquisição (MoCap) de baixo custo. Ao contrário do sistema anterior, a Kinect apenas usa uma câmara para rastreamento e funciona sem marcadores.

Para além do sistema de aquisição (Mocap) o sistema utiliza ainda dados obtidos através dum electromiograma (EMG).

Os jogos criados foram realizados para doentes crônicos com dores de pescoço ou na parte inferior das costas e consistem em 3 pequenos jogos, cada um com o seu objetivo:

Tabela 5: Descrição dos jogos criados [72]

Nome do Jogo	Descrição	Objetivo	Dados necessários
Temple of Magupta	O jogador corre até um antigo templo, coleciona artefactos e evita obstáculos	Reacondicionamento físico, aumento velocidade e tempo de caminhada	Taxa de movimento
Face of Chronos	O paciente sobe uma montanha estendendo os braços para cima até chegar a paragem seguinte	Aumento da capacidade, velocidade e suavidade do movimento e o relaxamento do músculo trapézio	Posição da mão, características do movimento da mão (velocidade, distância), atividade muscular do músculo esquerdo e direito do trapézio
Three Wind Gods	O jogador imita movimentos de cabeça reproduzidos por personagens fictícias	Aumento da amplitude, velocidade e suavidade do movimento cervical	Medidas de Amplitude do movimento cervical e atual rotação (flexão/extensão, direita/esquerda), velocidade do movimento, aceleração do movimento

Depois de testado os três mini jogos com os dois sistemas foi possível concluir que em geral a Kinect funciona surpreendentemente bem como um sistema alternativo a capturação de movimento (MoCap) usado para controlar o jogos. Os testes realizados mostraram que captura

corretamente a maior parte dos exercícios utilizados dentro do jogo. Dois dos mini-jogos foram jogáveis, embora com algumas restrições. No entanto, não se pode medir todos os parâmetros exigidos e carece da precisão exigida.

### 3. Jogos Sérios para pacientes com Linfedema

Este jogo foi desenvolvido para pacientes com linfedema. A tabela em baixo demonstra a melhoria de uma paciente na amplitude do movimento do membro afetado depois de realizar 10 sessões de fisioterapia com um jogo sério e com o auxílio da Kinect como ferramenta de detecção de movimento. Para além disso conclui-se que os resultados obtidos na escala numérica de dor, responsável por avaliar a intensidade da sensação dolorosa, mostrou uma redução de 85 por cento após o tratamento [56].

Tabela 6: Comparação do movimento do braço de uma paciente antes e depois de 10 sessões de fisioterapia com o jogo [56]

Movimento	Antes	Após	Melhoria Percentual
Flexão	140	160	14,2%
Extensão	30	40	33,3%
Abdução	100	160	60%
Adução	10	20	100%

## 4.6 Conclusão

Hoje em dia, quando o cancro da mama é diagnosticado numa fase inicial, são utilizados recursos mais conservativos de forma a preservar a mama e melhorar a qualidade de vida. Contudo, a maior parte das pacientes apresenta células cancerígenas nos nós linfáticos da axila que necessitam de ser removidos através da Dissecção de nós linfáticos na axila (ALND), o que significa uma danificação do sistema linfático que pode levar a comorbidades que provocam deficiências comuns e limitações funcionais, como restrição de movimento do ombro, dor, fadiga, linfedema e depressão, dificultando a realização das atividades de vida diária e agravando a qualidade de vida [8].

Tradicionalmente a medição do volume do membro para detecção de linfedema é feita através de metodologias como o deslocamento de água ou através de medidas das circunferências do membro, contudo estes métodos são pouco práticos e de baixa precisão. De forma a ultrapassar estas limitações, alguns investigadores utilizaram tecnologias mais avançadas para medir o membro do paciente, contudo estes métodos tornavam-se complexos e caros.

Por outro lado existem formas de avaliar o movimento do membro através de questionários subjetivos. Mesmo tendo grandes limitações estes questionários permitem fornecer informação importante sobre o estado do paciente e como tal podem ser úteis na validação dos resultados que se irão obter com esta pesquisa. Para além destes questionários existem outros métodos, como a goniometria, que permitem verificar a flexibilidade e a força do membro.

Os sistemas de detecção de movimento analisados mostraram que é possível obter em tempo real a representação do movimento humano e que são uma promissora ferramenta a utilizar na reabilitação de pacientes. Dos sistemas analisados foi dado destaque aos sistemas RGB-D uma vez que permitiam numa forma não intrusiva e sem marcadores obter com robustez a imagem e a profundidade dos objetos permitindo assim uma reconstrução em 3D. Sendo o Kinect um sistema RGB-D barato e acessível surge assim como uma ferramenta útil no campo da reabilitação através dos jogos sérios.

Depois do tratamento ao cancro da mama é recomendado um conjunto de exercícios que as pacientes deverão realizar em casa de forma a evitar possíveis futuros danos nos membros. Contudo, não existe um seguimento correto dos cuidados que se deveriam ter e os exercícios acabam por ser mal realizados. Desta forma é necessária uma ferramenta na reabilitação de pacientes de cancro da mama que permita uma sessão de exercícios adequada e que motive as pacientes a realizar os exercícios.

Os avanços tecnológicos que combinam sistemas de robótica e computação gráfica, tem vindo a ganhar relevo no entretenimento e saúde. Neste contexto, a realidade virtual tem vindo a criar protocolos de reabilitação, onde o paciente interage com ambientes tri-dimensionais simulados por computador [1] [55]. Desta forma foram analisados três sistemas de realidade virtual que utilizaram como ferramenta de aquisição de dados a Kinect e onde se verificou o seu sucesso em relação a outros sistemas de aquisição assim como os bons resultados atingidos por pacientes que utilizaram estes três sistemas.

Desta forma conclui-se que um programa de reabilitação em casa e com aquisição de dados da Kinect para pacientes de cancro da mama, onde as pacientes executam os exercícios aconselhados enquanto a sua execução é gravada para um visionamento posterior do médico, é recomendada.

## 5 Metodologia

### 5.1 Tarefas e Calendário

Os principais objetivos deste trabalho podem ser divididos em:

1. Revisão da literatura: O ponto de partida deste trabalho foi uma revisão das metodologias tradicionais para a avaliação da funcionalidade dos membros superiores, o que inclui a medição do volume dos membros e o movimento do braço / ombro. Foram também investigadas abordagens que tiram partido das tecnologias mais recentes e as diversas formas que se podem realizar rastreamento do esqueleto (linear, magnética, marcadores, sem marcadores e kinect). Também foram analisadas aplicações que utilizam a Kinect em jogos reais de fisioterapia e alguns resultados obtidos por estas.
2. Desenvolvimento de um software inicial para aquisição dos dados através do Microsoft Kinect: O software irá ser desenvolvido em C# e adquire os registos de imagens RGB e de profundidade bem como informações de posição das articulações ao longo do tempo. A aplicação consistirá num pequeno jogo onde o utilizador terá de executar um movimento específico.
3. Aquisição dos Dados
4. Desenvolvimento de um método para a avaliação do estado funcional de membros superiores:  
Utilizando os dados recolhidos de profundidade, será possível estudar uma maneira eficiente para a segmentação do membro seguido do desenvolvimento dum método de medição do volume do membro (detecção de linfedema).  
O dispositivo Kinect permite o rastreamento do esqueleto e a identificação da posição de articulações. Com essa informação será realizada uma análise dos movimentos dos membros superiores dos pacientes através duma extração de características importantes que permitirão identificar deficiências e mobilidade reduzida.
5. Integração da deteção das características com o Software inicial: Aperfeiçoamento da aplicação onde será realizado o diagnóstico de anomalias nos membro superior, desenvolvimento dum segundo jogo sério e desenvolvimento do registo do desempenho dos pacientes.

Tarefas	1ºSemestre				2º Semestre				
	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho
1) Revisão da Literatura	█								
2) Software Inicial					█				
3) Aquisição de Dados						█			
4) Método de Avaliação						█			
5) Integração/ Desenvolvimento do 2º jogo							█		
6) Desenvolvimento da tese								█	

Figura 24: Diagrama de Gantt com a calendarização das tarefas

### 5.2 Aquisição de dados para a Aplicação

O Kinect incorpora uma câmara RGB e um sensor de profundidade (projetor e câmara IR) que permitem fornecer informação do corpo inteiro, captura de movimento 3D e recursos de reconhecimento de gestos. A câmara RGB utiliza a resolução VGA <sup>20</sup> com 8 bits (640 x 480 pixels), enquanto o sensor

<sup>20</sup>VGA é um padrão de vídeo criado para os gráficos dos computadores. Esse padrão permite que imagens sejam transmitidas em tempo real de um computador para um monitor que tenha essa saída. VGA é a abreviação para “Video Graphics Array” que significa em português “Padrão de Disposição Gráfica”, trabalha em modo analógico, ou seja, serve para transmitir apenas imagens.

de profundidade monocromático tem uma resolução VGA com 11 bits o que permite 2048 níveis de sensibilidade. Ambas as saídas de vídeo funcionam a 30 quadros por segundo (fps).

A microsoft disponibilizou um kit de software de desenvolvimento (SDK) com um conjunto de bibliotecas que permitem o desenvolvimento de aplicações em múltiplas plataformas Microsoft usando a Kinect como sensor.[86]

Um dos objetivos da aplicação que se irá desenvolver é seguir o movimento dos membros superiores sem a utilização de marcadores pelo que o uso do SDK torna-se uma ferramenta preciosa.

O seguimento do esqueleto é obtido por processamento da informação de profundidade para determinar as várias juntas do corpo humano.

Cada junta é definida por uma posição  $(x,y,z)$  que define a posição da junta no espaço. O espaço é definido a volta do sensor (origem) e na direção do eixo positivo dos z.

Existem diversas bibliotecas (NUI<sup>21</sup>) para desenvolvimento com a Kinect, no entanto a biblioteca SDK foi a escolhida uma vez que é relativamente simples de integrar todas as funcionalidades necessárias e permite a deteção de um maior número de juntas (20 no total) em comparação com outras bibliotecas como o OpenNI, como se pode observar na Tabela 7.

Para além das juntas, através duma biblioteca NUI, o Kinect permite ao programador aceder aos dados obtidos pelos seus sensores [28]:

1. *Image Stream*: cada pixel representa uma cor com uma resolução de 640x480 pixels em 30 frames por segundo (fps) ou 1280x1024 em 15 fps. É possível obter tanto a imagem da câmara RGB quanto a da imagem obtida pela câmara infravermelha;
2. *Depth Stream* (informação de profundidade): cada pixel indica a distância dum objeto em relação ao aparelho. O aparelho tem 2048 níveis de sensibilidade e deteta objetos presentes de 1.2 a 3.5 metros. Além da informação de profundidade também é possível retornar com exatidão se o pixel faz parte dum utilizador. O Kinect consegue diferenciar até 6 utilizadores diferentes numa imagem.
3. *Audio Stream* (fluxo de audio): com um conjunto de 4 microfones e a anulação de ruído e eco, o Kinect permite a gravação de áudio e o reconhecimento da fala em inglês.

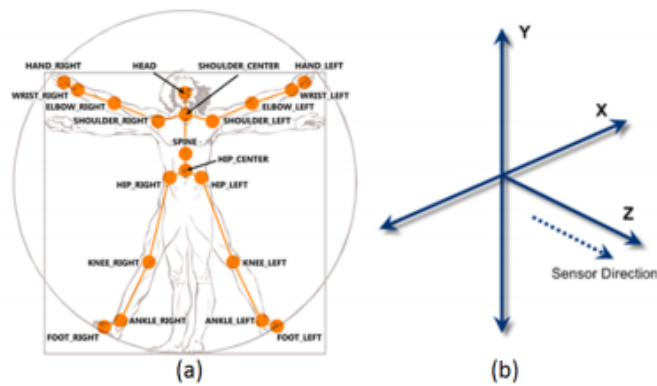


Figura 25: (a) Juntas do esqueleto detetadas pela Kinect (b) Eixos do espaço observado pela Kinect.[58]

<sup>21</sup>interface que é invisível para o usuário

Tabela 7: Comparação de bibliotecas NUI [58] [73]

<b>Técnicas</b>	<b>Prós</b>	<b>Contras</b>
Microsoft Kinect SDK	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fácil instalação</li> <li>2. Suporte de detecção do esqueleto (20 juntas)</li> <li>3. Não necessita de calibração de câmera</li> <li>4. Reconhecimento do esqueleto rapidamente</li> <li>5. Previne oclusão das juntas</li> <li>6. Faz previsão do rastreamento</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apenas tem suporte para Windows</li> <li>2. Limitado suporte linguístico ( apenas c,c++, c#)</li> <li>3. Necessita de elevado processamento.</li> </ol>
OpenNi	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Suporte de detecção do esqueleto (15 juntas)</li> <li>2. Disponível para a maior parte das linguagens de programação</li> <li>3. Compatível com qualquer sistema operativo.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Instalação difícil</li> <li>2. Não faz previsão do rastreamento</li> <li>3. Não faz detecção das juntas quando ocorre oclusão</li> <li>4. Fica confuso com movimentos rápidos</li> </ol>
Libfreenect	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Disponível para a maior parte das linguagens de programação</li> <li>2. Compatível com qualquer sistema operativo</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Instalação difícil</li> <li>2. Não faz detecção de movimento</li> </ol>
Evoluce SDK	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Suporta vários métodos de reconhecimento de gestos</li> <li>2. Fácil instalação</li> <li>3. Suporta rastreamento de esqueleto</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Só funciona em Windows 7</li> <li>2. É necessário calibração de pose</li> <li>3. Limitado suporte linguístico ( apenas c,c++, c#)</li> </ol>
Delicode NI-mate	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rápido</li> <li>2. Suporta rastreamento de esqueleto</li> <li>3. Não necessita de calibração da câmera</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apenas disponível para Windows</li> <li>2. Rastreamento de esqueleto não é feita corretamente</li> </ol>



## 6 Conclusão

O tratamento conservativo do cancro da mama consiste na remoção cirúrgica do tumor seguida de terapia de radiação para erradicar possíveis células cancerígenas. Contudo, por vezes é necessário remover os nós linfáticos da axila através da Dissecção dos nós linfáticos da axila (ALND). Ambos os procedimentos podem causar sérios danos no sistema linfático uma vez que pode ocorrer interrupção da drenagem linfática o que por sua vez implicaria a acumulação da linfa no membro tendo como efeito restrições de movimentos, edema, aumento do peso do membro entre outros malefícios que acabariam por interferir na vida da paciente e na sua qualidade de vida.

Contudo ainda não existe um procedimento padrão a se realizar no diagnóstico de linfedema. Os procedimentos mais utilizados são o deslocamento de água e as medição das circunferências do membro, contudo estes métodos são pouco eficientes e pouco práticos. Para resolver estes problemas foram estudados meios alternativos de diagnóstico como a utilização de imagens 3D para a medição do volume, no entanto, ao contrário dos outros métodos, estes são caros e complexos. Para além da deteção do linfedema através do volume do membro é possível avaliar a flexibilidade e força deste através de métodos subjetivos (questionários) e objetivos (goniometria).

Uma vez detetada linfedema não existe uma cura definitiva uma vez que o linfedema é uma doença crónica, progressiva e incurável. Existem vários tratamentos que as pacientes podem realizar como liposucção, farmacoterapia ou mesmo massagens no entanto estes tratamentos são recorrentes e caros. Um tratamento recomendado pelos especialistas consiste na fisioterapia regular e na utilização dum vestuário de compressão, contudo se os exercícios da fisioterapia não forem acompanhados a paciente poderá não realizar bem os movimentos.

Existem diversas formas de se realizar deteção de movimento dum utilizador, no entanto o sistema mais robusto são as câmeras RGB-D que permitem obter os dados visuais assim como os dados de profundidade. A Microsoft Kinect é um sistemas RGB-D barato e acessível que através da biblioteca SDK permite a deteção de 20 juntas.

Desta forma, um dos maiores objetivos desta pesquisa é o desenvolvimento dum sistema de reabilitação dos membros superiores para pacientes com linfedema. Este sistema terá de identificar a qualidade de movimento realiza pelas pacientes e dar um *feedback*, ser ajustável as dificuldades da paciente e permitir ao médico analisar os movimentos. A aquisição dos dados será realizada com a Microsoft Kinect.

Toda a investigação depende de dados de treino e de teste para o desenvolvimento do software. Assim, este projeto inclui uma coleção de dados de treino que se irão obter com a ajuda de investigadores do Hospital S. João. Nesse sentido, o primeiro passo deste trabalho irá ser o desenvolvimento de um software para a aquisição de dados. Assim, utilizando o SDK da Kinect para Windows irá ser desenvolvida uma aplicação em C#, onde, para além da imagem RGB e e da profundidade, é possível a aquisição de informação sobre as posições de juntas ao longo do tempo.

## Referências

- [1] Ana Maria Acosta, Hendrik A Dewald, and Jules PA Dewald. Pilot study to test effectiveness of video game on reaching performance in stroke. *Journal of rehabilitation research and development*, 48(4):431, 2011.
- [2] Koichiro Akita. Image sequence analysis of real world human motion. *Pattern recognition*, 17(1):73–83, 1984.
- [3] Edgar Alves. Jogos sérios para ensino de engenharia de software. 2012.
- [4] Lene Andersen, Inger Højris, Mogens Erlandsen, and Jørn Andersen. Treatment of breast-cancer-related lymphedema with or without manual lymphatic drainage: a randomized study. *Acta Oncologica*, 39(3):399–405, 2000.
- [5] Renan V Aranha, Marcos WS Ribeiro, and Clarissa AX de Camargo. Serious games e interação natural na terapêutica posterior ao tratamento do câncer de mama.
- [6] Simon Baker, Takeo Kanade, et al. Shape-from-silhouette across time part ii: Applications to human modeling and markerless motion tracking. *International Journal of Computer Vision*, 63(3):225–245, 2005.
- [7] Søren M Bentzen, J Overgaard, HD Thames, Marie Overgaard, P Vejby Hansen, H Von Der Maase, and J Meder. Clinical radiobiology of malignant melanoma. *Radiotherapy and Oncology*, 16(3):169–182, 1989.
- [8] Jill M Binkley, Susan R Harris, Pamela K Levangie, Marcia Pearl, Janine Guglielmino, Valerie Kraus, and Diana Rowden. Patient perspectives on breast cancer treatment side effects and the prospective surveillance model for physical rehabilitation for women with breast cancer. *Cancer*, 118(S8):2207–2216, 2012.
- [9] Keiva L Bland, Rebecca Perczyk, Wei Du, Christine Rymal, Prathima Koppolu, Ruthie McCrary, Kathryn A Carolin, and Mary Ann Kosir. Can a practicing surgeon detect early lymphedema reliably? *The American journal of surgery*, 186(5):509–513, 2003.
- [10] Michael J Brennan, Robert W DePompolo, and Fae H Garden. Focused review: postmastectomy lymphedema. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 77(3):S74–S80, 1996.
- [11] Michael J Brennan and Linda T Miller. Overview of treatment options and review of the current role and use of compression garments, intermittent pumps, and exercise in the management of lymphedema. *Cancer*, 83(S12B):2821–2827, 1998.
- [12] Håkan Brorson. Liposuction in arm lymphedema treatment. *Scandinavian journal of surgery*, 92(4):287–295, 2003.
- [13] Håkan Brorson, K Ohlin, G Olsson, G Langstrom, I Wiklund, and H Svensson. Quality of life following liposuction and conservative treatment of arm lymphedema. *Lymphology*, 39(1):8–25, 2006.
- [14] Jennifer Brown. A clinically useful method for evaluating lymphedema. *Clinical journal of oncology nursing*, 8(1):35–38, 2004.
- [15] Kristin L Campbell, Andrea L Pusic, David S Zucker, Margaret L McNeely, Jill M Binkley, Andrea L Cheville, and Kenneth J Harwood. A prospective model of care for breast cancer rehabilitation: function. *Cancer*, 118(S8):2300–2311, 2012.
- [16] Barbara J Carter. Women’s experiences of lymphedema. In *Oncology Nursing Forum*, volume 24, pages 875–882, 1997.

- [17] John R Casley-Smith, Robert Gwyn Morgan, and Neil B Piller. Treatment of lymphedema of the arms and legs with 5, 6-benzo-[alpha]-pyrone. *New England Journal of Medicine*, 329(16):1158–1163, 1993.
- [18] Chien-Yen Chang, Belinda Lange, Mi Zhang, Sebastian Koenig, Phil Requejo, Noom Somboon, Alexander A Sawchuk, and Albert A Rizzo. Towards pervasive physical rehabilitation using microsoft kinect. In *Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth), 2012 6th International Conference on*, pages 159–162. IEEE, 2012.
- [19] Andre B Chatman, Scott P Hyams, James M Neel, Jill M Binkley, Paul W Stratford, Ann Schomberg, and Mike Stabler. The patient-specific functional scale: measurement properties in patients with knee dysfunction. *Physical therapy*, 77(8):820–829, 1997.
- [20] Ross A Clark, Yong-Hao Pua, Karine Fortin, Callan Ritchie, Kate E Webster, Linda Denehy, and Adam L Bryant. Validity of the microsoft kinect for assessment of postural control. *Gait & posture*, 36(3):372–377, 2012.
- [21] Stefano Corazza, Lars Muendemann, AM Chaudhari, T Demattio, Claudio Cobelli, and Thomas P Andriacchi. A markerless motion capture system to study musculoskeletal biomechanics: Visual hull and simulated annealing approach. *Annals of biomedical engineering*, 34(6):1019–1029, 2006.
- [22] Janice N Cormier, Robert L Askew, Kristi S Mungovan, Yan Xing, Merrick I Ross, and Jane M Armer. Lymphedema beyond breast cancer. *Cancer*, 116(22):5138–5149, 2010.
- [23] BH Cornish, M Chapman, C Hirst, B Mirolo, IH Bunce, LC Ward, and BJ Thomas. Early diagnosis of lymphedema using multiple frequency bioimpedance. *Lymphology*, 34(1):2–11, 2001.
- [24] Kevin Corti. Games-based learning; a serious business application. *Informe de PixelLearning*, 34(6):1–20, 2006.
- [25] Pedro Costa, Hooshiar Zolfagharnasab, João P Monteiro, Jaime S Cardoso, and Hélder P Oliveira. 3d reconstruction of body parts using rgb-d sensors: Challenges from a biomedical perspective. In *the Proceedings of the 5th International Conference and Exhibition on 3D Body Scanning Technologies (accepted)*, 2014.
- [26] Samantha Coster, Karen Poole, and Lesley J Fallowfield. The validation of a quality of life scale to assess the impact of arm morbidity in breast cancer patients post-operatively. *Breast cancer research and treatment*, 68(3):273–282, 2001.
- [27] Diana J Dawes, Sarkis Meterissian, Mark Goldberg, and Nancy E Mayo. Impact of lymphoedema on arm function and health-related quality of life in women following breast cancer surgery. *Journal of rehabilitation Medicine*, 40(8):651–658, 2008.
- [28] Bruno Campagnolo De Paula. Adaptando e desenvolvendo jogos para uso com o microsoft kinect. *Proceedings of SBGames*, 2011.
- [29] Thierry Deltombe, Jacques Jamart, S Recloux, C Legrand, N Vandebroek, S Theys, and P Hanson. Reliability and limits of agreement of circumferential, water displacement, and optoelectronic volumetry in the measurement of upper limb lymphedema. *Lymphology*, 40(1):26–34, 2007.
- [30] Richard Drake, A Wayne Vogl, and Adam WM Mitchell. *Gray’s anatomy for students*. Elsevier Health Sciences, 2009.
- [31] Vagiz R Duseev and Andrey N Malchukov. Kinect sensor depth data filtering. In *Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS), 2014 International Conference on*, pages 1–4. IEEE, 2014.

- [32] Jutta Engel, Jacqueline Kerr, Anne Schlesinger-Raab, Hansjörg Sauer, and Dieter Hölzel. Axilla surgery severely affects quality of life: results of a 5-year prospective study in breast cancer patients. *Breast cancer research and treatment*, 79(1):47–57, 2003.
- [33] Virginia S Erickson, Marjorie L Pearson, Patricia A Ganz, John Adams, and Katherine L Kahn. Arm edema in breast cancer patients. *Journal of the National Cancer Institute*, 93(2):96–111, 2001.
- [34] Alexander Fagrell and Olle Karlsson. Assessment of lymphedema attributes: A mechatronic product development in a clinical environment. 2012.
- [35] Flávia Gonçalves Fernandes, Sara Cristina Santos, Luciene Chagas de Oliveira, Mylene Lemos Rodrigues, and Stéfano Schwenck Borges Vale Vita. Realidade virtual e aumentada aplicada em reabilitação fisioterapêutica utilizando o sensor kinect e dispositivos móveis.
- [36] Pascual J Figueroa, Neucimar J Leite, and Ricardo ML Barros. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. *Computer methods and programs in biomedicine*, 72(2):155–165, 2003.
- [37] Etel Földi, Michael Földi, and Leo Clodius. The lymphedema chaos: a lancet. *Annals of plastic surgery*, 22(6):505–515, 1989.
- [38] Dariu M Gavrilă. The visual analysis of human movement: A survey. *Computer vision and image understanding*, 73(1):82–98, 1999.
- [39] Armando E Giuliano, Kelly K Hunt, Karla V Ballman, Peter D Beitsch, Pat W Whitworth, Peter W Blumencranz, A Marilyn Leitch, Sukamal Saha, Linda M McCall, and Monica Morrow. Axillary dissection vs no axillary dissection in women with invasive breast cancer and sentinel node metastasis: a randomized clinical trial. *Jama*, 305(6):569–575, 2011.
- [40] Amit Goyal and Robert E Mansel. Recent advances in sentinel lymph node biopsy for breast cancer. *Current opinion in oncology*, 20(6):621–626, 2008.
- [41] Baiba J Grube and Armando E Giuliano. Observation of the breast cancer patient with a tumor-positive sentinel node: Implications of the acosog z0011 trial. In *Seminars in surgical oncology*, volume 20, pages 230–237. Wiley Online Library, 2001.
- [42] Susan R Harris, Maria R Hugi, Ivo A Olivotto, Mark Levine, et al. Clinical practice guidelines for the care and treatment of breast cancer: 11. lymphedema. *Canadian Medical Association Journal*, 164(2):191–199, 2001.
- [43] F Hartveit. Attenuated cells in breast stroma: the missing lymphatic system of the breast. *Histopathology*, 16(6):533–543, 1990.
- [44] Sandi Hayes, Diana Battistutta, and Beth Newman. Objective and subjective upper body function six months following diagnosis of breast cancer. *Breast cancer research and treatment*, 94(1):1–10, 2005.
- [45] Sandra C Hayes, Monika Janda, Bruce Cornish, Diana Battistutta, and Beth Newman. Lymphedema after breast cancer: incidence, risk factors, and effect on upper body function. *Journal of clinical oncology*, 26(21):3536–3542, 2008.
- [46] Sandra C Hayes, Karin Johansson, Nicole L Stout, Robert Prosnitz, Jane M Armer, Sheryl G Abram, and Kathryn H Schmitz. Upper-body morbidity after breast cancer. *Cancer*, 118(S8):2237–2249, 2012.
- [47] Jun-Da Huang. Kinerehab: A kinect-based system for physical rehabilitation: A pilot study for young adults with motor disabilities. In *The proceedings of the 13th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, pages 319–320. ACM, 2011.

- [48] Pamela L Hudak, Peter C Amadio, Claire Bombardier, et al. Development of an upper extremity outcome measure: the dash. *Am J Ind Med*, 29:602–608, 1996.
- [49] A Kolahi, M Hoviattalab, T Rezaeian, M Alizadeh, M Bostan, and H Mokhtarzadeh. Design of a marker-based human motion tracking system. *Biomedical Signal Processing and Control*, 2(1):59–67, 2007.
- [50] Winkle Kwan, Jeremy Jackson, Lorna M Weir, Carol Dingee, Greg McGregor, and Ivo A Olivotto. Chronic arm morbidity after curative breast cancer treatment: prevalence and impact on quality of life. *Journal of Clinical Oncology*, 20(20):4242–4248, 2002.
- [51] JK Lee, ROBERT J Stanley, STUART S Sagel, and ROBERT G Levitt. Accuracy of computed tomography in detecting intraabdominal and pelvic adenopathy in lymphoma. *American Journal of Roentgenology*, 131(2):311–315, 1978.
- [52] G Lu, K Han, GN DeSouza, J Armer, and C-R Shyu. A new algorithm for 3d registration and its application in self-monitoring and early detection of lymphedema. *IRBM*, 35(6):370–384, 2014.
- [53] Matthias Lubner, Luciano Spinello, and Kai Oliver Arras. People tracking in rgb-d data with on-line boosted target models. In *Intelligent Robots and Systems (IROS), 2011 IEEE/RSJ International Conference on*, pages 3844–3849. IEEE, 2011.
- [54] John Gregory McKinnon, Vanessa Wong, Walley J Temple, Callum Galbraith, Paul Ferry, George S Clynch, and Colin Clynch. Measurement of limb volume: laser scanning versus volume displacement. *Journal of surgical oncology*, 96(5):381–388, 2007.
- [55] Dara Meldrum, Susan Herdman, Roisin Moloney, Deirdre Murray, Douglas Duffy, Kareena Malone, Helen French, Stephen Hone, Ronan Conroy, and Rory McConn-Walsh. Effectiveness of conventional versus virtual reality based vestibular rehabilitation in the treatment of dizziness, gait and balance impairment in adults with unilateral peripheral vestibular loss: a randomised controlled trial. *BMC Ear, Nose and Throat Disorders*, 12(1):3, 2012.
- [56] IS Mendes, CAX Camargo, GL Cavaleiro, A Cardoso, FPS Lima, MO Lima, and AO Andrade. Realidade virtual: Desenvolvimento e aplicabilidade no tratamento da dor secundária ao cancer de mama.
- [57] Thomas B Moeslund, Adrian Hilton, and Volker Krüger. A survey of advances in vision-based human motion capture and analysis. *Computer vision and image understanding*, 104(2):90–126, 2006.
- [58] Ana Moreira. Dynamic analysis of upper limbs movements after breast cancer surgery. 2014.
- [59] Matteo Munaro, Filippo Basso, and Emanuele Menegatti. Tracking people within groups with rgb-d data. In *Intelligent Robots and Systems (IROS), 2012 IEEE/RSJ International Conference on*, pages 2101–2107. IEEE, 2012.
- [60] Inger-Lise Nesvold, Kristin Valborg Reinertsen, Sophie D Fosså, and Alv A Dahl. The relation between arm/shoulder problems and quality of life in breast cancer survivors: a cross-sectional and longitudinal study. *Journal of Cancer Survivorship*, 5(1):62–72, 2011.
- [61] Hélder Oliveira. An affordable and practical 3d solution for the aesthetic evaluation of breast cancer conservative treatment. 2013.
- [62] Hélder P Oliveira, Marco D Silva, André Magalhaes, Maria J Cardoso, and Jaime S Cardoso. Is kinect depth data accurate for the aesthetic evaluation after breast cancer surgeries? In *Pattern Recognition and Image Analysis*, pages 261–268. Springer, 2013.
- [63] Michael Oren, Constantine Papageorgiou, Pawan Sinha, Edgar Osuna, and Tomaso Poggio. Pedestrian detection using wavelet templates. In *Computer Vision and Pattern Recognition, 1997. Proceedings., 1997 IEEE Computer Society Conference on*, pages 193–199. IEEE, 1997.

- [64] MS Panobianco and MV Mamede. Linfedema e câncer de mama. *Rev Latino-am Enfermagem*, 10(4):544–51, 2002.
- [65] Jeanne A Petrek and Melissa C Heelan. Incidence of breast carcinoma-related lymphedema. *Cancer*, 83(S12B):2776–2781, 1998.
- [66] Ana Pinto. Desenvolvimento de um jogo para jovens/adultos portadores de síndrome de down. 2012.
- [67] Ana Catarina Pinto and Evandro de Azambuja. Improving quality of life after breast cancer: dealing with symptoms. *Maturitas*, 70(4):343–348, 2011.
- [68] Ramprasad Polana and Randal Nelson. Low level recognition of human motion (or how to get your man without finding his body parts). In *Motion of Non-Rigid and Articulated Objects, 1994., Proceedings of the 1994 IEEE Workshop on*, pages 77–82. IEEE, 1994.
- [69] Ganiyu A Rahman. Breast conserving therapy: a surgical technique where little can mean more. *Journal of surgical technique and case report*, 3(1), 2011.
- [70] Richard Ricciardi and Laura A Talbot. Use of bioelectrical impedance analysis in the evaluation, treatment, and prevention of overweight and obesity. *Journal of the American Academy of Nurse Practitioners*, 19(5):235–241, 2007.
- [71] Kathryn H Schmitz. Balancing lymphedema risk: exercise versus deconditioning for breast cancer survivors. *Exercise and sport sciences reviews*, 38(1):17, 2010.
- [72] Christian Schonauer, Thomas Pintaric, Hannes Kaufmann, Stephanie Jansen-Kosterink, and Miriam Vollenbroek-Hutten. Chronic pain rehabilitation with a serious game using multimodal input. In *Virtual Rehabilitation (ICVR), 2011 International Conference on*, pages 1–8. IEEE, 2011.
- [73] Ashish Shingade and Archana Ghotkar. Animation of 3d human model using markerless motion capture applied to sports. *arXiv preprint arXiv:1402.2363*, 2014.
- [74] Rebecca Siegel, Deepa Naishadham, and Ahmedin Jemal. Cancer statistics, 2013. *CA: a cancer journal for clinicians*, 63(1):11–30, 2013.
- [75] Joaquim Guilherme Vasconcelos Gonçalves da Silva. Sistema de aumento de segurança para cadeira de rodas baseada num sensor kinect. 2013.
- [76] Luciano Silva and Ismar Frango Silveira. Desenvolvimento de aplicações para kinect sdk.
- [77] AWB Stanton, C Badger, and J Sitzia. Non-invasive assessment of the lymphedematous limb. *Lymphology*, 33(3):122–135, 2000.
- [78] AWB Stanton, JW Northfield, B Holroyd, PS Mortimer, and JR Levick. Validation of an optoelectronic limb volumeter (perometer®). *Lymphology*, 30(2):77–97, 1997.
- [79] Paul W Stratford, Jill M Binkley, and Diane M Stratford. Feature articles-development and initial validation of the upper extremity functional index. *Physiotherapy Canada*, 53(4):259–267, 2001.
- [80] Andrzej Szuba and Stanley G Rockson. Lymphedema: classification, diagnosis and therapy. *Vascular Medicine*, 3(2):145–156, 1998.
- [81] Richard Taylor, Upali W Jayasinghe, Louise Koelmeyer, Owen Ung, and John Boyages. Reliability and validity of arm volume measurements for assessment of lymphedema. *Physical therapy*, 86(2):205–214, 2006.
- [82] Ingrid Tengrup, Lena Tennvall-Nittby, Inger Christiansson, and Marianne Laurin. Arm morbidity after breast-conserving therapy for breast cancer. *Acta Oncologica*, 39(3):393–397, 2000.

- [83] Chiara Trombetta, Paolo Abundo, Antonella Felici, Concetta Ljoka, Sandro Di Cori, Nicola Rosato, and Calogero Foti. Computer aided measurement laser (caml): technique to quantify post-mastectomy lymphoedema. In *Journal of Physics: Conference Series*, volume 383, page 012018. IOP Publishing, 2012.
- [84] Vic Velanovich and Wanda Szymanski. Quality of life of breast cancer patients with lymphedema. *The American journal of surgery*, 177(3):184–188, 1999.
- [85] Irene A Waldrige. Lymphedema treatment system, January 30 2001. US Patent 6,179,796.
- [86] Jarrett Webb and James Ashley. *Beginning Kinect Programming with the Microsoft Kinect SDK*. Apress, 2012.
- [87] Zhengyou Zhang. Microsoft kinect sensor and its effect. *MultiMedia, IEEE*, 19(2):4–10, 2012.
- [88] Huiyu Zhou and Huosheng Hu. Human motion tracking for rehabilitation—a survey. *Biomedical Signal Processing and Control*, 3(1):1–18, 2008.