FELIPE GONÇALVES MARCHIONE

Sistema para apoio à prevenção de úlcera por pressão

São Paulo

2015

FELIPE GONÇALVES MARCHIONE

Sistema para apoio à prevenção de úlcera por pressão

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Sistemas de Informação.

Área de Concentração: Sistemas de Informação

Versão corrigida contendo as alterações solicitadas pela comissão julgadora em 31 de agosto de 2015. A versão original encontra-se em acervo reservado na Biblioteca da EACH-USP e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD), de acordo com a Resolução CoPGr 6018, de 13 de outubro de 2011.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Vieira de Araújo

São Paulo

2015

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO
(Universidade de São Paulo. Escola de Artes, Ciências e Humanidades. Biblioteca)

Marchione, Felipe Gonçalves
Sistema para apoio à prevenção de úlcera por pressão / Felipe Gonçalves Marchione ; orientador, Luciano Vieira de Araújo. – São Paulo, 2015
117 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Informação, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo
Versão corrigida

1. Úlcera por pressão - Monitoramento - Sistemas computacionais. 2. Pacientes internados. 3. Ferimentos e lesões - Monitoramento - Sistemas computacionais. 4. Informática médica. I. Araújo, Luciano Vieira de, orient. II. Título

CDD 22.ed. – 610.285

Dissertação de autoria de Felipe Gonçalves Marchione, sob o título **"Sistema para apoio à prevenção de úlcera por pressão"**, apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Sistemas de Informação, na área de concentração Sistemas de Informação, aprovada em 31 de agosto de 2015 pela comissão julgadora constituída pelos doutores:

Prof. Dr. Luciano Vieira de Araújo
Presidente
Instituição: Universidade de São Paulo

Profa. Dra. Edvane Birelo Lopes De Domenico
Instituição: Universidade Federal de São Paulo

Prof. Dr. Marcos Lordello Chaim
Instituição: Universidade de São Paulo

Agradecimentos

Agradeço:

Aos meus pais, por toda força e ensinamentos que me possibilitaram chegar até aqui;

À minha namorada, pelo companheirismo e compreensão durante todos esses anos;

Ao meu orientador pelo apoio e conselhos para viabilização desse trabalho.

Resumo

MARCHIONE, Felipe Gonçalves. **Sistema para apoio à prevenção de úlcera por pressão**. 2015. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

A Úlcera por Pressão (UP) é uma lesão na pele e em tecidos subjacentes causada pela prolongada exposição de regiões do corpo à pressão. O surgimento de UP's impacta diretamente na qualidade de vida de pacientes acamados, já que são feridas dolorosas, e levam à um aumento no tempo de internação para que seja feito o seu tratamento. Abordagens que utilizam software para monitorar automaticamente pacientes acamados vem sendo propostas para apoiar a prevenção de UP's. Por meio de uma revisão sistemática, pode-se identificar o estado da arte de tais abordagens, que são baseadas principalmente em sensores instalados sobre o colchão para identificar pontos de pressão. Para realização do monitoramento por essas abordagens, há necessidade do contato do equipamento com o corpo do paciente. Por conta disso, questões como conforto e a higienização ou troca do equipamento, quando um novo paciente precisa ser monitorado devem ser levadas em consideração. Neste trabalho, foi desenvolvido um sistema para apoio à prevenção de úlcera por pressão (SAPU) que realiza o monitoramento de movimentações e posição de decúbito de uma maneira alternativa às abordagens existentes. São recuperados dados de posição e imagens de profundidade do sensor de movimentos Kinect, que são utilizados por métodos de estimativa de movimentação e posição de decúbito propostos neste trabalho. Assim, não se faz necessário o contato direto do paciente com o equipamento de monitoramento. Além disso, o sistema provê, aos profissionais da saúde, indicadores de movimentação por regiões do corpo, que é uma informação que não é provida por outras abordagens existentes. Um experimento preliminar foi realizado com três participantes, que foram instruídos a realizar uma série de movimentações e troca de posição para avaliação dos métodos de estimativa da posição de decúbito e movimentação utilizados pelo SAPU. Os resultados, apesar de preliminares, dão indícios da viabilidade de sua aplicação para monitoramento de pacientes acamados.

Palavras-chaves: Úlcera por Pressão, Escaras, Kinect, Monitoramento de Pacientes Acamados, Prevenção da Úlcera por Pressão.

Abstract

MARCHIONE, Felipe Gonçalves. **A system to support pressure ulcer prevention**. 2015. 117 p. Dissertation (Master of Science) – School of Arts, Sciences and Humanities, University of São Paulo, São Paulo, 2015.

Pressure ulcer (PU) is a lesion on the skin and underlying tissues caused by prolonged exposure of body regions to pressure. PU directly impacts bedridden patients' quality of life since they are painful and may lead to a prolonged period of hospital internment in order to be treated. Approaches that use software to automatically monitor bedridden patients have been proposed to support pressure ulcer prevention. Through a systematic review, we identified the state of art of these approaches that are mainly based on sensors installed on a mattress to identify pressure points. Since the patient is in contact with the monitoring equipment, issues like comfort and the equipment hygiene or replacement when a new patient is monitored need to be considered. In this paper, we present a system to support pressure ulcer prevention (SAPU) that automatically monitors the patient's movements and decubitus positions in an alternative way. Position data and depth images are obtained from the Kinect motion sensor and used by methods we proposed to estimate movement and decubitus positions without any contact of the monitoring equipment with the patient. The system also provides movements indicators by body regions that is an information not given by other approaches. A preliminary experiment have been carried out with three participants that performed a sequence of movements and assumed different decubitus positions so that we could evaluate the methods to estimate the decubitus positions and movements detection that are used by SAPU. Even though the results are preliminary, they provide evidence that these methods can be applied in order to monitor patient's movements and decubitus positions.

Keywords: Pressure Ulcer, Bed Sores, Kinect, Bedridden Patient Monitoring, Pressure Ulcer Prevention.

Lista de figuras

Figura 1 – Estágios da UP 21
Figura 2 – Áreas de maior exposição à pressão por posição do corpo 22
Figura 3 – O Kinect e seus componentes 26
Figura 4 – Imagem de profundidade 27
Figura 5 – Imagem de profundidade 28
Figura 6 – Estimativa da posição de pontos do corpo com o NITE 29
Figura 7 – Exemplo de aplicação do k-NN 31
Figura 8 – Fluxo de inclusão e exclusão de artigos 36
Figura 9 – Principais tecnologias utilizadas para monitoramento de fatores de risco 39
Figura 10 – Informações principais providas pelas abordagens que apoiam a prevenção da UP 40
Figura 11 – Posição do Kinect em relação à cama 46
Figura 12 – Posições de decúbito identificadas pelo SAPU 47
Figura 13 – Posições de distâncias dos ombros de uma pessoa em leito . . . 48
Figura 14 – Diagrama do algoritmo para estimativa da posição de decúbito 50
Figura 15 – Diagrama de atividades que representa o funcionamento do método de estimativa da movimentação baseada em dados de posição 53
Figura 16 – Comparação de imagens de profundidade 54
Figura 17 – Arquitetura do SAPU 55
Figura 18 – Tela de cadastro 59
Figura 19 – Diagrama de atividades do funcionamento do monitoramento . 61
Figura 20 – Gráficos do monitoramento de posição de decúbito 62

Figura 21 – Tela de acompanhamento do monitoramento 63
Figura 22 – Gráfico de intensidade da quantidade de movimentação por região do corpo 65
Figura 23 – Gráfico de intensidade da quantidade de variações em pontos das imagens de profundidade 66
Figura 24 – Gráfico da escala de Braden 67
Figura 25 – Exemplo de alerta para quantidade de movimentação abaixo do esperado 68
Figura 26 – Exemplo de alerta para permanência em uma mesma posição de decúbito por um longo período de tempo 68
Figura 27 – Comparação de imagens após movimentação dos membros superiores 81
Figura 28 – Comparação de imagens após movimentação dos membros inferiores 81
Figura 29 – Comparação de imagens após movimentação da cabeça 82
Figura 30 – Comparação de imagens após troca de posição de decúbito . . . 82
Figura 31 – Comparação de imagens quando não houve movimentação . . . 83

Lista de tabelas

Tabela 1 – Tópicos e respostas da escala de Braden 24
Tabela 2 – Cálculo do risco dado pela escala de Braden 24
Tabela 3 – Bases de dados de artigos 33
Tabela 4 – Resultados das estimativas de posição 75
Tabela 5 – Variações de dados de posição em milímetros 77
Tabela 6 – Resultados da avaliação de movimentação 78
Tabela 7 – Desempenho do k-NN observado na validação cruzada para diferentes valores de k 79
Tabela 8 – Matriz de erros do k-NN 80
Tabela 9 – Dados da extração - resumo e informações de publicação 96
Tabela 10 – Dados da extração - tecnologias, relatórios e fatores de risco . . 107
Tabela 11 – Dados da extração - informações relevantes para aplicação da proposta 113

Lista de abreviaturas e siglas

API	Application programming interface
k-NN	*K-nearest neighbors algorithm* ou K-vizinhos mais próximos
RI	Raios infravermelhos
SDK	Software development kit
SAPU	Sistema para apoio à prevenção de úlcera por pressão
UP	Úlcera por pressão

Sumário

1 Introdução 15
1.1 Objetivos gerais e específicos 17
1.2 Metodologia 18

2 Revisão conceitual 20
2.1 Úlcera por pressão 20
2.1.1 Fatores de risco 22
2.1.2 Avaliação de risco 23
2.1.3 Métodos preventivos 24
2.2 Kinect 25
2.3 OpenNI 27
2.4 NITE 28
2.5 K-vizinhos mais próximos 29

3 Abordagens que utilizam software para apoiar à prevenção da úlcera por pressão: uma revisão sistemática 32
3.1 Critérios de inclusão e exclusão 32
3.2 Estratégia de Pesquisa 33
3.3 Procedimentos 33
3.4 Extração de dados 34
3.5 Resultados 34
3.5.1 Monitoramento de Fatores de Risco 36
3.5.2 Fornecimento de informações relevantes para a prevenção de UP 39
3.5.3 Alertas 40

3.5.4 Gerenciamento automatizado dos fatores de risco . 41
3.5.5 Informações relevantes para a aplicação das abordagens 42
3.6 Discussão dos resultados da revisão sistemática . 42

4 Sistema para apoio à prevenção da úlcera por pressão 44
4.1 Configuração do ambiente de monitoramento . . 45
4.2 Métodos para monitoramento da movimentação e posição de decúbito 46
4.2.1 Estimativa da posição de decúbito baseada em dados de posição 47
4.2.2 Estimativa da posição por classificação de imagens 51
4.2.3 Estimativa da movimentação baseada em dados de posição 51
4.2.4 Estimativa da movimentação por comparação de imagens 54
4.3 Arquitetura do Sistema 55
4.3.1 Funcionamento do Sistema 56
4.3.1.1 Cadastro de paciente 56
4.3.1.2 Monitoramento do Paciente 60
4.3.1.3 Painel de monitoramento 62
4.3.1.3.1 Posição de decúbito 62
4.3.1.3.2 Movimentação 64
4.3.1.3.3 Escala de Braden 66
4.3.2 Alertas 67
4.4 Limitações do SAPU 68

5 Experimentação com os métodos para monitoramento da movimentação e posição de decúbito 70
5.1 Procedimentos do experimento 70
5.1.1 Procedimentos para experimentação do método de estimativa de posição de decúbito baseada em dados de posição 70
5.1.2 Procedimentos para experimentação do método de estimativa da movimentação baseada em dados de posição 71
5.1.3 Procedimentos para experimentação do método de estimativa de posição de decúbito por meio de classificação de imagens de profundidade 72
5.1.4 Procedimentos para experimentação do método de estimativa da movimentação por comparação de imagens de profundidade 73
5.2 Resultados do experimento 74
5.2.1 Resultados do experimento com o método de estimativa de posição de decúbito baseada em dados de posição 74
5.2.2 Resultado do experimento com o método de estimativa da movimentação baseada em dados de posição 75
5.2.3 Resultado do experimento com o método de estimativa de posição de decúbito por meio de classificação de imagens 79

5.2.4 Resultados do experimento com o método de estimativa da movimentação por comparação de imagens de profundidade 80
5.3 Discussão dos resultados dos experimentos 83
5.4 Limitações dos experimentos 85

6 Conclusão 86
6.1 Contribuições 87
6.2 Divulgação de resultados 87
6.3 Trabalhos futuros 88

Referências[1] 89

Apêndice A – Dados extraídos dos artigos selecionados na revisão sistemática 95

[1] De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

1 Introdução

No ambiente hospitalar, pacientes acamados com limitação de movimentação podem não trocar regularmente de posição. Nesse caso, um mesmo conjunto de regiões do corpo é exposto à pressão por um longo período de tempo e, consequentemente, fica mais suscetível ao surgimento de lesões chamadas de Úlcera por Pressão.

A Úlcera por Pressão (UP) é um tipo de lesão causada principalmente pela prolongada exposição de regiões do corpo à pressão, o que impede o fornecimento adequado de nutrientes às células ocasionando na morte do tecido e, consequentemente, no surgimento da lesão. Além da exposição à pressão, a temperatura corporal elevada e a alta umidade da pele também podem contribuir para a formação das UP's, que surgem como uma irritação nas camadas mais superficiais da pele e podem ser agravadas até atingir músculos e o tecido ósseo (EUROPEAN PRESSURE ULCER ADVISORY PANEL, 2013).

Há um impacto direto das UP's na qualidade de vida dos pacientes acamados, pois elas são lesões extremamente dolorosas, podem estender a estadia hospitalar para que sejam tratadas e inclusive levá-lo à morte. Para que esses riscos sejam minimizados, é necessário a aplicação de métodos preventivos sendo o mais comumente utilizado a mudança de decúbito. Esse método consiste na troca da posição do paciente em leito por profissionais da saúde a cada intervalo de tempo a fim de alternar as regiões do corpo sob pressão e diminuir os riscos do surgimento das UP's (MAKLEBUST, 1987).

Mesmo com a aplicação de métodos preventivos, ainda há alta incidência de UP. No Brasil, por exemplo, foi realizado por Rogenski e Santos (2005) um estudo em um hospital universitário brasileiro que evidenciou uma incidência de 39,81%. Além disso, há altos gastos decorrentes da extensão da estadia de pacientes em

hospitais e do próprio tratamento, como nos Estados Unidos, onde são gastos, em média, 11 bilhões de dólares anualmente (BENNETT; DEALEY; POSNETT, 2004). Com base nesses fatos, é evidente a importância de abordagens que possam apoiar a prevenção da UP para evitar o sofrimento dos pacientes e o aumento de gastos hospitalares.

Na literatura, podem ser encontradas diversas abordagens que utilizam software para apoiar a prevenção da UP. Elas são principalmente baseadas no monitoramento do paciente por meio de sensores, instalados sobre o colchão, que são capazes de mensurar a intensidade da pressão exercida sobre eles pelo corpo de um paciente em leito. Com os dados gerados pelos sensores, essas abordagens realizam o monitoramento dos pontos pressionados e da posição de decúbito por meio de classificadores para verificar se está ocorrendo a redistribuição da pressão. Se os mesmos pontos continuarem sob pressão ou se o paciente permanecer na mesma posição de decúbito por um longo período de tempo, pode ser um indício de que o paciente está em uma situação de risco e os profissionais da saúde são informados por meio de alertas. Entretanto, como esses sensores precisam ser instalados sobre o colchão, é necessário considerar a questão de conforto do paciente acamado e a substituição ou higienização do equipamento a cada novo paciente monitorado.

Neste trabalho, é apresentado um sistema que realiza o monitoramento automatizado de pacientes acamados de maneira alternativa às abordagens existentes, sem contato do paciente com o equipamento de monitoramento. O sistema utiliza dados providos pelo sensor de movimentos Kinect, mais especificamente, imagens de profundidade e dados de posição de regiões do corpo, que são processados por algoritmos e classificadores para estimativa da posição de decúbito e movimentações do paciente acamado. Dessa forma, informações e indicadores a respeito das posições de decúbito e movimentações por regiões do corpo do paciente são providos aos profissionais da saúde para apoiá-los na prevenção da UP.

1.1 Objetivos gerais e específicos

Este trabalho tem como objetivo a proposta e desenvolvimento de um sistema para apoio à prevenção de UP (SAPU) que realiza o monitoramento automatizado de posições de decúbito e movimentação do paciente acamado com base em imagens de profundidade e dados de posição de regiões do corpo obtidos por meio do sensor de movimentos Kinect. Para alcançar o objetivo geral, é necessário atingir os seguintes objetivos específicos:

- Realizar uma revisão sistemática a fim de identificar o estado da arte de abordagens que utilizam software para apoiar a prevenção de UP;
- Implementar um sistema que realize o monitoramento automatizado de posições de decúbito e movimentações de um paciente acamado e disponibilize em uma tela de acompanhamento do monitoramento as seguintes informações:
  - Posição de decúbito atual;
  - Histórico das últimas posições de decúbito;
  - Gráfico de intensidade que representa a quantidade de movimentação em cada região do corpo do paciente;
  - Gráfico de intensidade que representa as variações encontradas a partir da comparação de imagens para identificação de locais onde ocorreram movimentação;
  - Histórico de movimentações por região do corpo do paciente;
  - Nível de risco de surgimento de UP calculado a partir da escala de Braden.
- Realização de experimentos com os métodos de estimativa de movimentação e posição de decúbito propostos neste trabalho para avaliar a viabilidade de sua aplicação.

1.2 Metodologia

Uma revisão sistemática da literatura foi realizada a fim de identificar objetivamente o estado da arte das abordagens que utilizam software para monitorar automaticamente pacientes acamados e apoiar a prevenção de UP. Com ela, pode-se identificar os métodos utilizados por tais abordagens para realização do monitoramento, assim como quais informações são providas aos profissionais da saúde para auxiliá-los na tomada de decisão para prevenção de UP's. Essa revisão sistemática foi baseada no processo estabelecido por Keele (2007), que define três fases para sua realização: planejamento, condução e divulgação dos resultados. Inicialmente, na fase de planejamento, a estratégia de busca em bases de dados de artigos para identificar estudos primários é definida, assim como os critérios para seleção dos artigos. Em seguida, durante a condução da revisão, a busca e seleção dos artigos foram executadas seguindo o protocolo definido. Nesta revisão sistemática, ambas as etapas foram realizadas por um dos autores e revisadas pelo outro. Finalmente, os dados extraídos dos artigos selecionados foram analisados pelos autores e os resultados foram apresentados. Em todas as fases, a ferramenta StArt foi utilizada para auxiliar na organização e execução (ZAMBONI et al., 2010).

Foi desenvolvido então um sistema para prevenção da úlcera por pressão (SAPU), que realiza o monitoramento de movimentações e posição de decúbito de pacientes acamados. Para estimativa da movimentação e da posição de decúbito, o SAPU utiliza métodos baseados em algoritmos e classificadores que fazem uso de dados de posição e imagens de profundidade de uma cena providos pelo Kinect. Esses métodos, propostos neste trabalho, são descritos no capítulo 4.

Por fim, para avaliar a viabilidade prática dos métodos para estimativa da movimentação e da posição de decúbito, foram realizados experimentos preliminares com cada um deles. Tais experimentos foram realizados a partir da coleta de dados do

Kinect de participantes voluntários deitados sobre um colchão que foram instruídos a realizar uma sequência de movimentações e mudança de posição de decúbito. Com os dados coletados, verificou-se se os métodos foram capazes de identificar as movimentações e troca de posição de decúbito performadas pelos voluntários.

2 Revisão conceitual

Neste capítulo, é apresentada uma descrição dos conceitos relevantes para este trabalho. Inicialmente, são apresentado os conceitos relacionados à Úlcera por Pressão (UP) e os fatores de risco que podem contribuir para o seu desenvolvimento. Também é apresentada a escala de Braden, que é um método para avaliação de risco de desenvolvimento da UP, além de métodos preventivos. Em seguida, é apresentado o sensor de movimentos Kinect. Por fim, é apresentado o classificador k-vizinhos mais próximos, que pode ser usado para estimar a posição do corpo de um paciente a partir dos dados obtidos com o Kinect.

2.1 Úlcera por pressão

Úlcera por pressão (UP), também conhecida como escara, é uma lesão na pele causada por prolongada exposição à pressão que compromete o suprimento sanguíneo de nutrientes e de oxigênio das células, o que causa a morte dos tecidos e, consequentemente, origina a lesão (FERNANDES, 2000).

A UP surge como uma irritação nas camadas mais superficiais da pele e pode chegar até camadas mais interiores como músculos e ossos. Conforme mostra a figura 1, as UP's são classificadas em quatro níveis de acordo com a gravidade da lesão (EUROPEAN PRESSURE ULCER ADVISORY PANEL, 2013):

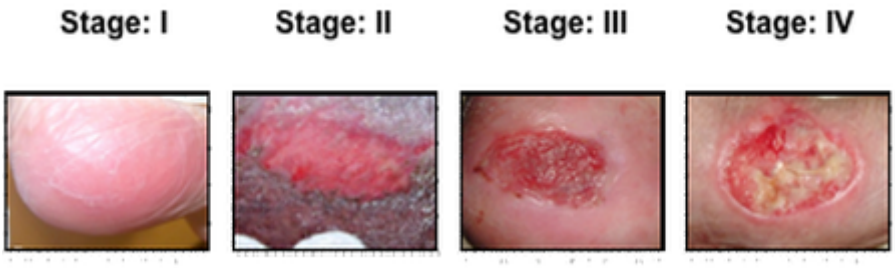

Figura 1 – Estágios da UP

Fonte: EUROPEAN PRESSURE ULCER ADVISORY PANEL, 2013

- **Estágio I:** lesão nas camadas mais superficiais da pele que pode ser facilmente tratada com o alívio da pressão.
- **Estágio II:** a lesão causa uma ruptura na pele e atinge as camadas subcutâneas.
- **Estágio III:** a lesão causa a destruição da camada subcutânea e o paciente fica mais vulnerável à infecções.
- **Estágio IV:** é o estágio mais grave, quando a lesão atinge músculos, ossos e articulações.

As regiões mais comuns de desenvolvimento da UP são aquelas com proeminência óssea, por exemplo: cotovelos, joelhos, nuca e calcanhares. Em cada posição de decúbito, um conjunto dessas regiões fica exposta à pressão como apresentado na figura 2. A mudança de posição do paciente, de forma alternada e periódica, visa a redistribuição da pressão para minimizar os riscos de desenvolvimento da UP.

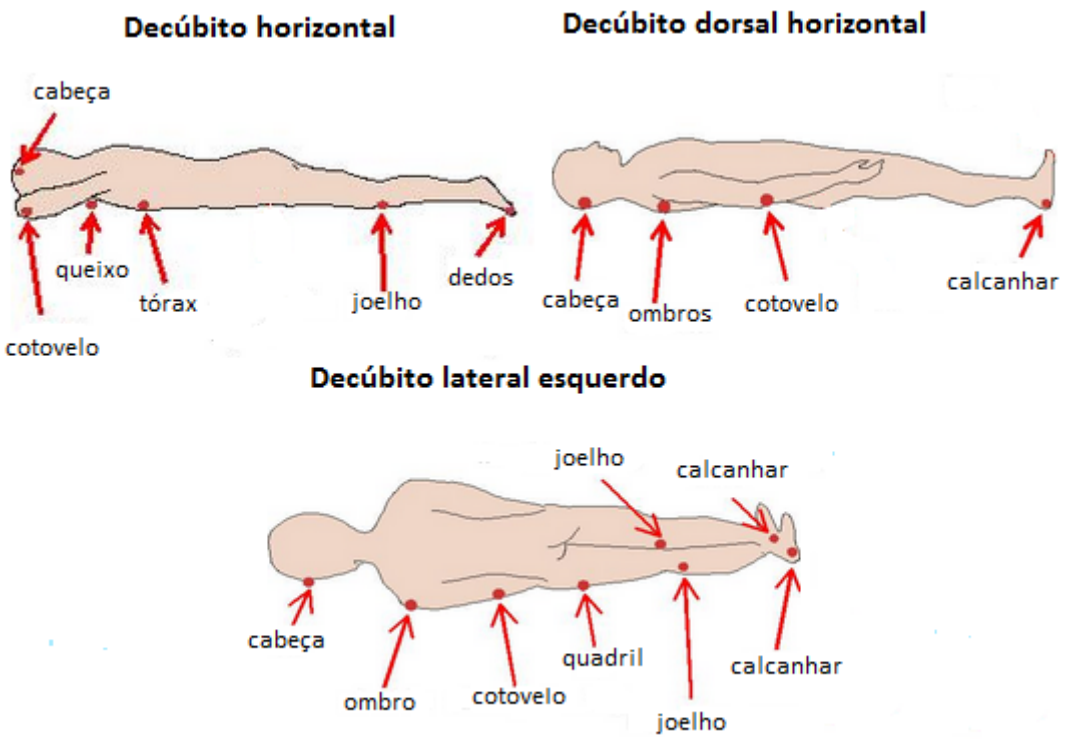

Figura 2 – Áreas de maior exposição à pressão por posição do corpo

Fonte: HONG KONG DEPARTMENT OF HEALTH, 2013

2.1.1 Fatores de risco

Conforme apresentado, a exposição de regiões do corpo à prolongada pressão é a principal causa da UP. Normalmente, determinadas regiões do corpo do paciente ficam expostas à pressão por longos períodos quando os mesmos possuem algum tipo de restrição de movimentação, o que os impedem de trocar regularmente de posição. Nesses casos, não há redistribuição ou alívio da pressão e uma região do corpo fica pressionada por um longo período o que causa o desenvolvimento da UP (DANIEL; WHEATLEY; PRIEST, 1985).

Há também outros fatores que podem contribuir para o surgimento de UP, como a elevação da temperatura corporal, que acelera o metabolismo do tecido e gera um aumento da demanda por oxigênio. Esse processo pode apressar a necrose, ou seja, a morte dos tecidos e levar à formação da UP (SMELTZER, 2005).

Segundo ADRIANA et al. (2007), a umidade também é um fator de risco, já que pode tornar a pele mais vulnerável à maceração. Ou seja, ao torná-la mais sensível, a umidade enfraquece as camadas mais superficiais e favorece o rompimento da pele e o surgimento de UP's.

Um estudo realizado por Ek (1985) mostrou que os idosos são mais suscetíveis à formação das UP's devido às limitações para suprir a demanda por sangue e nutrientes em regiões do corpo com aumento da temperatura. Tais aumentos na temperatura estão associados ao contato de partes do corpo com o colchão.

2.1.2 Avaliação de risco

Para auxiliar os profissionais da saúde na identificação do risco de desenvolvimento de UP, são utilizadas escalas que permitem uma avaliação padronizada e objetiva, como: a escala de Braden (BRADEN; BERGSTROM, 1987), a Waterlow (WATERLOW, 1984) e a Norton (NORTON; MCLAREN; EXTON-SMITH, 1962). A escala de Braden é considerada a mais completa e mais amplamente utilizada (FERNANDES, 2000). Ela é composta por seis perguntas que avaliam o quadro clínico do paciente considerando: percepção sensorial, que é a capacidade do paciente reagir ao desconforto; umidade da pele; atividade, que é o nível de atividade física do paciente; mobilidade, que é a capacidade de mudar e controlar a posição do próprio corpo; nutrição; e fricção, que são atritos sofridos por regiões do corpo. As respostas às perguntas são padronizadas, como mostra na tabela 1.

Para cada resposta é dada uma pontuação, que corresponde ao número da coluna correspondente. Por exemplo, se para a "Umidade" a resposta é "Pele muito úmida", são atribuídos dois pontos. A somatória dos pontos indica o risco de desenvolvimento da UP conforme a tabela 2:

Tabela 1 – Tópicos e respostas da escala de Braden

Pergunta	**Resposta 1**	**Resposta 2**	**Resposta 3**	**Resposta 4**
Percepção sensorial	Completamente limitada	Muito limitada	Ligeiramente limitada	Nenhuma limitação
Umidade	Pele constantemente úmida	Pele muito úmida	Pele ocasionalmente úmida	Pele raramente úmida
Atividade	Acamado	Sentado	Anda ocasionalmente	Anda frequentemente
Mobilidade	Completamente imobilizado	Muito limitada	Ligeiramente limitado	Nenhuma limitação
Nutrição	Muito pobre	Provavelmente inadequada	Adequada	Excelente
Fricção e cisalhamento	Problema	Problema potencial	Nenhum problema	-

Tabela 2 – Cálculo do risco dado pela escala de Braden

Risco	Somatória
Fora de risco	>18
Baixo	15 a 18
Moderado	13 a 14
Alto	10 a 12
Muito alto	<= 9

2.1.3 Métodos preventivos

Como a principal causa da UP é a exposição prolongada da pele à pressão, a forma de prevenção mais adotada é a mudança de posição do paciente de decúbito

do paciente em intervalos regulares para que haja redistribuição da pressão sobre as regiões do corpo. É indicado que este procedimento seja realizado a cada duas horas (EUROPEAN PRESSURE ULCER ADVISORY PANEL, 2013). Além disso, uma alternativa para aliviar regiões expostas à pressão é o uso de superfícies de redistribuição desta força, como almofadas.

2.2 Kinect

O Kinect (MICROSOFT, 2013) é um dispositivo capaz de obter dados tridimensionais de usuários e do ambiente, além de registrar imagens coloridas e som. Com o processamento desses dados pode ser feita a captura de movimentos, reconhecimento facial e de voz.

O Kinect é composto por um emissor de raios infravermelhos (RI), um sensor de RI, uma câmera RGB e um conjunto de microfones. As posições desses componentes no dispositivo são mostradas na figura 3 (MICROSOFT, 2013).

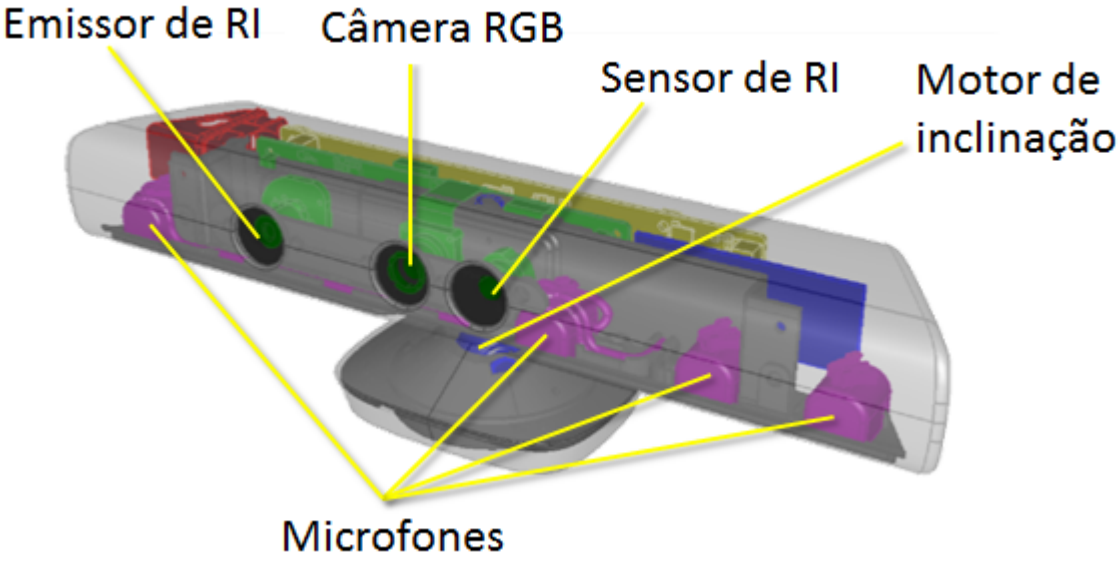

Figura 3 – O Kinect e seus componentes

Fonte: MICROSOFT, 2013

O Kinect possui um conjunto de quatro microfones que são distribuídos ao longo de sua estrutura. Eles permitem a captura de áudio com supressão de ruídos, cancelamento de ecos e direcionamento da fonte sonora.

A câmera RGB pode gerar imagens coloridas com uma resolução de até 1280x960 pixels e uma taxa de atualização é de 30 quadros por segundo.

O emissor e o sensor de RI possibilitam a geração de imagens de profundidade. Elas são produzidas a partir da emissão de um feixe de raio infravermelho que é dividido em múltiplos feixes de luz por meio de um processo chamado difração. Esses feixes são refletidos pelos objetos do ambiente e captados pelo sensor de RI. A partir da leitura da intensidade dos feixes captados, pelo sensor de RI, são obtidas as distâncias dos pontos do ambiente até o sensor. As imagens de profundidade são geradas a partir de um conjunto de medidas das distâncias de uma origem até a superfície da cena. Os valores de distâncias são então convertidos para uma escala de tons de cinza conforme mostrado na figura 4. Nessa imagem, quanto mais

escura a representação de um ponto, maior a sua distância em relação ao Kinect. Os pontos marcados em preto são aqueles cuja distância não foi registrada pelo Kinect. Isso pode acontecer devido à variação ou falta de incidência de raios infravermelhos. A imagem de profundidade gerada pelo Kinect tem uma resolução de 640x480 pixels, ou seja, é um conjunto de 307.200 pontos de distância (MICROSOFT, 2013).

Figura 4 – Imagem de profundidade

Fonte: MICROSOFT, 2013

2.3 OpenNI

Com o lançamento do Kinect, diversos *frameworks* foram disponibilizados para prover uma *application programming interface* (API) para o desenvolvimento de aplicações que utilizam o Kinect. Entre eles, o Kinect for Windows SDK que é o *framework* oficial da Microsoft para o Kinect (MICROSOFT, 2013). Devido às suas restrições de ambiente, já que foi projetado para executar apenas em sistemas operacionais Windows, outros *frameworks* de código aberto e multi-plataforma foram criados, como o OpenNI.

O OpenNI é um *framework* desenvolvido pela organização de mesmo nome, como forma de padronizar a compatibilidade de sensores de movimento. Ele é um

framework multi-plataforma, ou seja, compatível com sistemas operacionais Linux, Mac e Windows, além de estar disponível para programação em diversas linguagens, como Java, C# e C++. Sua API provê uma interface para comunicação tanto com hardware (o que possibilita a obtenção de dados fornecidos pelos componentes do Kinect quanto para soluções de middleware como o NITE, que é uma biblioteca com funcionalidades de visão computacional (OPENNI, 2013). A arquitetura do OpenNI é ilustrada na figura 5.

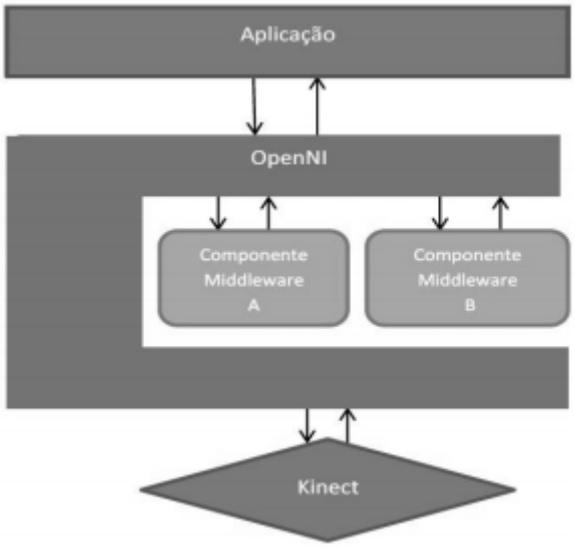

Figura 5 – Imagem de profundidade

Fonte: OPENNI, 2013

2.4 NITE

O NITE é um *middleware* integrado ao OpenNI para oferecer à aplicação funcionalidades de visão computacional (PRIMESENSE, 2013). A partir do processamento de dados de profundidade e imagens, fornecidos pelo sensor, o NITE oferece uma série de funcionalidades, como: rastreamento de usuários, estimativa de posições do corpo, detecção de gestos e reconhecimento facial.

A estimativa de posições de regiões do corpo realizada pelo NITE é conhecida como rastreamento do esqueleto. As posições são fornecidas em três dimensões (x, y e z) em um plano onde a origem é o sensor. Os valores de x crescem positivamente à direita da origem, os valores de y crescem positivamente acima da origem e os valores de z correspondem à profundidade em relação à origem. Os valores de x, y, z são medidos em milímetros. O rastreamento do esqueleto inclui as seguintes regiões do corpo apresentadas na figura 6: cabeça, pescoço, tronco, ombros, cotovelos, mãos, quadril, joelhos e pés.

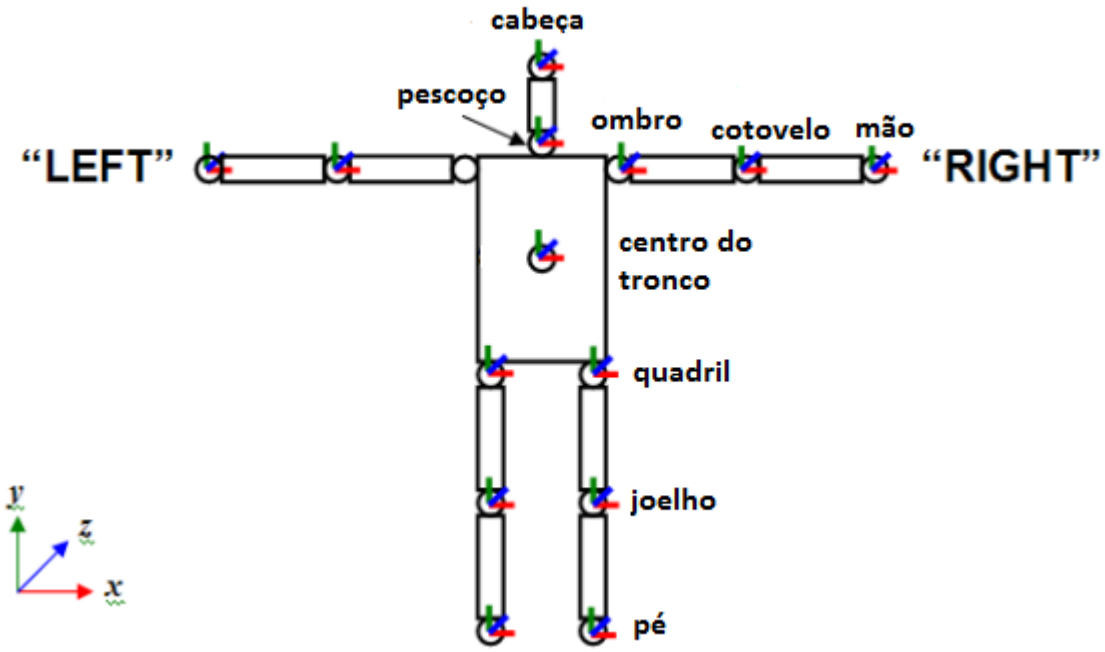

Figura 6 – Estimativa da posição de pontos do corpo com o NITE

Fonte: PRIMESENSE, 2013

2.5 K-vizinhos mais próximos

Aprendizado de Máquina pode ser definido como um conjunto técnicas que a partir da apresentação de dados para treinamento, podem melhorar sua

performance em alguma tarefa (MITCHELL, 1997). Entre os tipos de aprendizado de máquina, há o aprendizado indutivo que visa a construção de algoritmos capazes de generalizar um conceito a partir da apresentação de conceitos específicos. Há dois tipos de aprendizado indutivo: o supervisionado e o não-supervisionado. No caso do aprendizado não-supervisionado, são apresentados exemplos não-rotulados para que o algoritmo encontre padrões entre os exemplos. No caso do aprendizado supervisionado, há a apresentação de exemplos com rótulos conhecidos para futuramente prever o rótulo de novos exemplos.

O aprendizado supervisionado pode ser utilizado em problemas de classificação. Nesse tipo de abordagem, busca-se construir um classificador capaz de determinar a classe de um novo exemplo. Cada exemplo pode ser representado como um vetor de atributos, onde cada atributo é um valor da característica daquele exemplo. Para construção do classificador, primeiramente é apresentado um conjunto de treinamento, composto de exemplos cujas classes são conhecidas. Baseado nos exemplos conhecidos, algoritmos são gerados para inferir a classe das novas instâncias.

O algoritmo K-vizinhos mais próximos (k-NN) é um algoritmo de aprendizado de máquina baseado em instâncias. Isso quer dizer que, durante a fase de treinamento, há o armazenamento das instâncias de treinamento ao invés da construção de uma função explícita de classificação. Ele assume que as instâncias são pontos de um espaço de n dimensões, onde n corresponde ao número de atributos de uma instância. As predições são feitas baseadas nas k instâncias de treinamento que estão mais próximas da instância desconhecida. A classe mais comum entre as k instâncias é a classe dada a instância desconhecida. O valor de k é definido pelo usuário (MITCHELL, 1997).

Na figura 7, é mostrado um exemplo prático da aplicação do k-NN. Nesse caso, é feita a estimativa de classe de uma instância x_{q}. O espaço para projeção

das instâncias é bidimensional e o valor de k escolhido foi cinco. Há duas possíveis classes: positivo e negativo. Como a maioria das instâncias de treinamento mais próximas de x_{q} são positivas, essa é sua classe estimada.

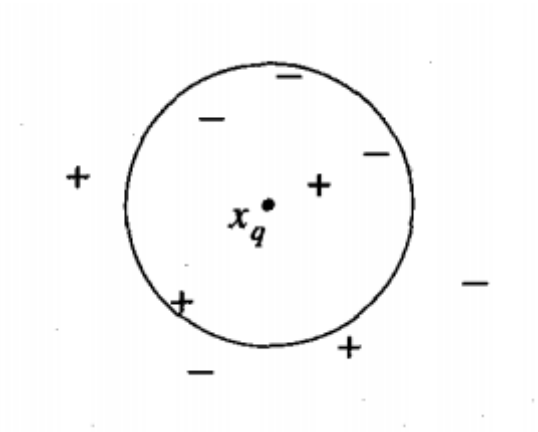

Figura 7 – Exemplo de aplicação do k-NN

Fonte: MITCHELL, 1997

3 Abordagens que utilizam software para apoiar à prevenção da úlcera por pressão: uma revisão sistemática

Este capítulo apresenta uma revisão sistemática da literatura a respeito de abordagens que utilizam software para monitorar automaticamente pacientes acamados e apoiar a prevenção de UP. Inicialmente, é detalhado o planejamento da revisão que contempla os critérios de seleção de artigos, estratégia de pesquisa, procedimentos e dados extraídos. Por fim, são apresentados os resultados dessa revisão, assim como sua discussão.

A fim de identificar objetivamente o estado da arte das abordagens que utilizam software para monitorar automaticamente pacientes acamados e apoiar a prevenção de UP, uma revisão sistemática da literatura é apresentada neste capítulo.

3.1 Critérios de inclusão e exclusão

Artigos que apresentam abordagens para a prevenção de UP utilizando software foram selecionados. Mais especificamente, aqueles que fornecem algum tipo de monitoramento. O seguinte critério de inclusão foi utilizado:

- O artigo apresenta uma abordagem que utiliza software para monitorar pacientes acamados e apoiar a prevenção de úlcera por pressão.

Pacientes acamados são o grupo de risco que está no escopo desta revisão. Portanto, artigos que apresentam uma abordagem que não contempla esse grupo foram rejeitados. Não houve restrição quanto à data de publicação.

3.2 Estratégia de Pesquisa

O escopo dos artigos selecionados envolve tanto a prevenção de UP quanto o uso de software. Portanto, uma pesquisa por estudos primários foi conduzida nas bases de dados de artigos focadas em pesquisas nos campos da medicina e da ciência da computação. A lista dessas bases de dados em conjunto com seus endereços eletrônicos é apresentada na tabela 3. A pesquisa foi conduzida em 22/02/2015.

Tabela 3 – Bases de dados de artigos

Nome	Endereço Eletrônico
ACM	http://dl.acm.org/
IEEE	http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/guesthome.jsp
Pubmed	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/
Scopus	http://www.scopus.com/
CINAHL	https://www.ebscohost.com/nursing/products/cinahl-databases
Embase	http://www.elsevier.com/online-tools/embase

Sinônimos de úlceras de pressão e palavras relacionadas com a utilização de software (sistema, tecnologia, software e algoritmo) foram considerados para formular a sequência de pesquisa que é apresentada abaixo em inglês:

- (pressure ulcer OR pressure ulcers OR bed sores OR pressure sores OR decubitus ulcers) AND (system OR technology OR software OR algorithm)

3.3 Procedimentos

A seleção foi realizada verificando quais artigos atendiam aos critérios de inclusão mas não atendiam nenhum critério de exclusão por meio da leitura de títulos e resumos. Os artigos selecionados foram lidos na íntegra para a extração dos dados utilizados na divulgação dos resultados.

3.4 Extração de dados

Os dados a seguir foram extraídos dos artigos selecionados:

- Autores
- Título
- Resumo
- Ano de publicação
- Fatores de risco considerados
- Principais tecnologias utilizadas para o monitoramento
- Relatórios fornecidos
- Alertas de risco
- Fatores de risco automaticamente gerenciados
- O conforto do paciente foi considerado?
- A higienização do equipamento de monitoramento foi considerada?
- Custo da abordagem

3.5 Resultados

Foram encontrados 6.209 artigos após pesquisar as bases de dados e um deles foi inserido manualmente, já que não estava presente no resultado da busca apesar de atender aos critérios de seleção. Dos 6.210 artigos, 1788 estavam duplicados. Na fase de seleção, 52 artigos foram selecionados e 4370 foram rejeitados depois da leitura de seus títulos e resumos. Na fase de extração, os artigos foram lidos na íntegra e 15 deles foram rejeitados porque atenderam critérios de exclusão não identificados durante a fase de seleção. Após a fase de extração, 37 artigos foram incluídos nesta revisão sistemática. O fluxo de fases de identificação, seleção e de extração é apresentada na figura 8.

Após a etapa de seleção, foi realizada a extração de dados que são apresentados nas tabelas 9, 10, e 11 do apêndice A deste trabalho. Baseado nos dados extraídos, foi possível identificar quais são os fatores de risco considerados pelas abordagens e a tecnologia utilizada para realizar o seu monitoramento e controle. Também foi possível identificar quais tipos de informações e alertas de situações de risco as abordagens proveem para os profissionais da saúde e se os artigos discutem pontos relevantes para sua aplicação em ambiente hospitalar, como custo e eficácia da abordagem. Nas próximas subseções, são apresentados os resultados.

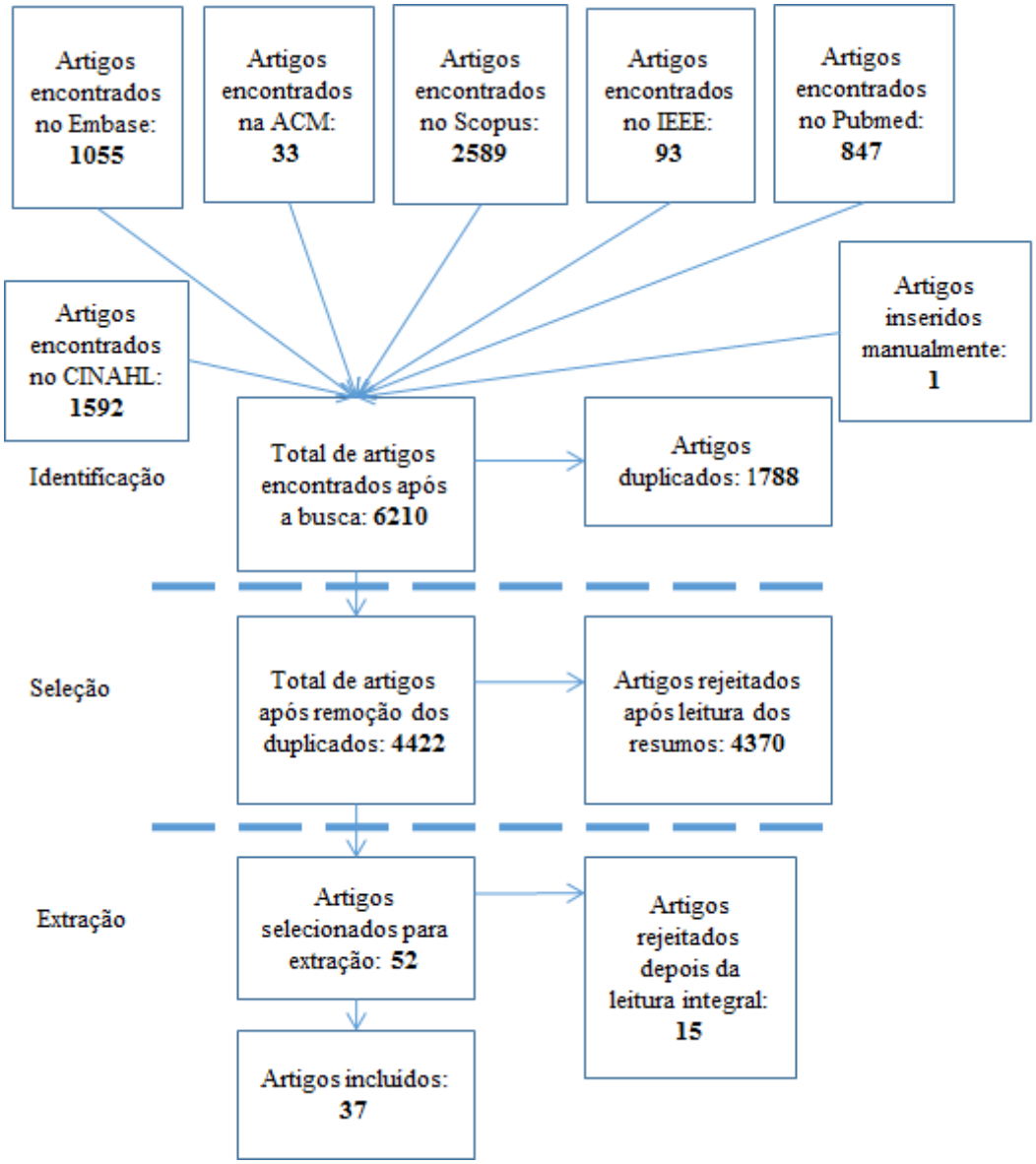

Figura 8 – Fluxo de inclusão e exclusão de artigos

3.5.1 Monitoramento de Fatores de Risco

O monitoramento de fatores de risco é realizado pelas abordagens para obter dados para gerar relatórios, gráficos e identificar situações de risco que podem ser

úteis para auxiliar os profissionais de saúde na prevenção de UP. Nesta revisão sistemática, foram identificados quais são os fatores de risco monitorados pelas abordagens apresentadas nos artigos selecionados e quais as tecnologias que são aplicadas para realizar o monitoramento. No total, quatro fatores de risco são monitorados: a pressão, a temperatura, a umidade do corpo e o fluxo sanguíneo do corpo do paciente.

Sensores de pressão são a tecnologia mais utilizada para monitoramento da intensidade da pressão sobre o corpo do paciente. Eles são dispositivos instalados ao longo do colchão e podem identificar a quantidade de pressão exercida sobre eles pelo corpo do paciente. Esta tecnologia é utilizada por vinte e seis das abordagens (BABBS et al., 1989; FULTON; LIPCZYNSKI, 1993; CHIOU; CHUNG; HOU, 1999; MOON et al., 2005; LOWNE; TARLER, 2005; CHEN et al., 2008; YIP et al., 2009; HSIA et al., 2009; WANG et al., 2010; WAI et al., 2010; OSTADABBAS et al., 2011b; OSTADABBAS et al., 2012; YOUSEFI et al., 2011b; YOUSEFI et al., 2011a; BOISSY et al., 2011; ELFEHRI et al., 2011; FARSHBAF et al., 2011; OSTADABBAS et al., 2011a; WANG et al., 2011a; JAICHANDAR; GARCIA, 2011; WANG et al., 2011b; FARD; MOGHIMI; LOTFI, 2013; CHUNG et al., 2013; MANOHAR; BHATIA, 2008; LIU et al., 2014; CHANG et al., 2014).

Métodos alternativos para monitoramento de pressão são propostos por parte dos artigos. Williams, Spicer e Doughty (1997) apresentaram um sistema que faz uso de um colete contendo bobinas sensoriais. As bobinas, instaladas em cada lado do colete, se comunicam com uma bobina central localizada no colchão para determinar a distância entre elas. Com base na identificação da menor distância, o lado do revestimento que se encontra em contato com o colchão é identificado e, consequentemente, a parte do corpo que está sob pressão. Vuillerme et al. (2007) propõem o monitoramento da pressão por meio de sensores eletro-táteis. Estes sensores são localizados na boca do paciente e, em contato com receptores localizados na língua, geram sinais elétricos que são transmitidos por um cabo a

um dispositivo capaz de determinar a distribuição e a intensidade da pressão no corpo do paciente. Kittipanya-Ngam, Guat e Lung (2012) apresenta um sistema que utiliza câmeras para captura de imagens do ambiente e por meio da comparação entre *frames* verifica se o paciente não se movimentou, e, nesse caso, emite um alerta.

O monitoramento do fluxo sanguíneo foi considerado por uma das abordagens (AKBARI; HERAVI, 2014). Ela faz uso de transmissores ópticos infravermelhos para medir o fluxo de sangue do calcanhar. Se está muito baixo, significa que o tecido não está recebendo nutrientes de maneira adequada, o que pode causar sua morte caso permaneça nessa condição durante um longo período de tempo.

Para monitorar a temperatura corporal e a umidade, todas as abordagens utilizam sensores instalados no colchão. Sete abordagens realizam o monitoramento de temperatura ((TAMURA; ZHOU; TOGAWA, 1989; CHIOU; CHUNG; HOU, 1999; JAICHANDAR et al., 2007; CHEN et al., 2008; JAICHANDAR et al., 2011; JAICHANDAR; GARCIA, 2011; FARD; MOGHIMI; LOTFI, 2013)). Quatro delas realizam o monitoramento da umidade ((WANG et al., 2010; CHIOU; CHUNG; HOU, 1999; CHEN et al., 2008; PEREIRA et al., 2011)). As tecnologias utilizadas para monitorar os fatores de risco e a quantidade de abordagens que os empregam são mostrados na figura 9.

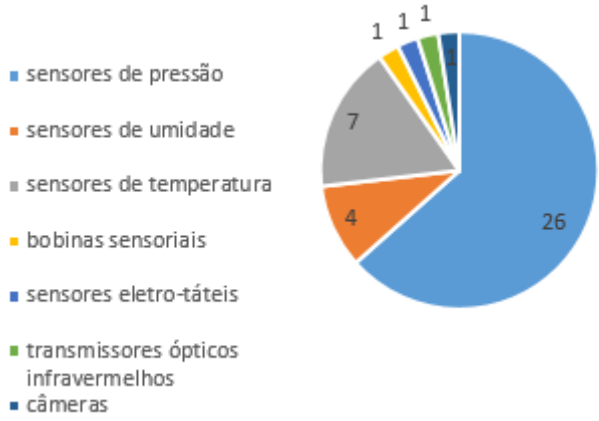

Figura 9 – Principais tecnologias utilizadas para monitoramento de fatores de risco

3.5.2 Fornecimento de informações relevantes para a prevenção de UP

As abordagens apresentadas podem contribuir para a prevenção da UP com o fornecimento de informações para auxiliar a tomada de decisão médica. Os tipos de informações providas e o número de abordagens que as oferecem são mostrados na figura 10.

Sete abordagens fornecem mapas de intensidade de pressão (BABBS et al., 1989; FULTON; LIPCZYNSKI, 1993; VUILLERME et al., 2007; WANG et al., 2010; FARD; MOGHIMI; LOTFI, 2013; CHUNG et al., 2013; MANOHAR; BHATIA, 2008), que são gráficos que representam a intensidade da pressão sob pontos do colchão. Quanto mais próximo da cor vermelha, maior é a intensidade em um determinado ponto. Apenas uma abordagem fornece mapas de intensidade de temperatura (FARD; MOGHIMI; LOTFI, 2013) e um deles fornece mapas de intensidade de umidade (PEREIRA et al., 2011).

Os gráficos que mostram o nível de temperatura ao longo do tempo são fornecidos por duas abordagens (TAMURA; ZHOU; TOGAWA, 1989; CHEN et al., 2008).

Quatro deles fornecem gráficos que mostram a intensidade da pressão ao longo do tempo (CHEN et al., 2008; YIP et al., 2009; BOISSY et al., 2011; JAICHANDAR; GARCIA, 2011) e duas delas o nível de umidade ao longo do tempo (WANG et al., 2010; CHEN et al., 2008).

Onze abordagens fornecem relatórios que mostram a posição do corpo do paciente na cama (WILLIAMS; SPICER; DOUGHTY, 1997; WAI et al., 2010; OSTADABBAS et al., 2011b; OSTADABBAS et al., 2012; YOUSEFI et al., 2011b; YOUSEFI et al., 2011a; FARSHBAF et al., 2011; OSTADABBAS et al., 2011a; WANG et al., 2011a; WANG et al., 2011b; LIU et al., 2014). Estes relatórios são obtidos por meio de algoritmos de classificação que estimam a posição baseados nos dados de intensidade dos sensores de pressão instalados no colchão.

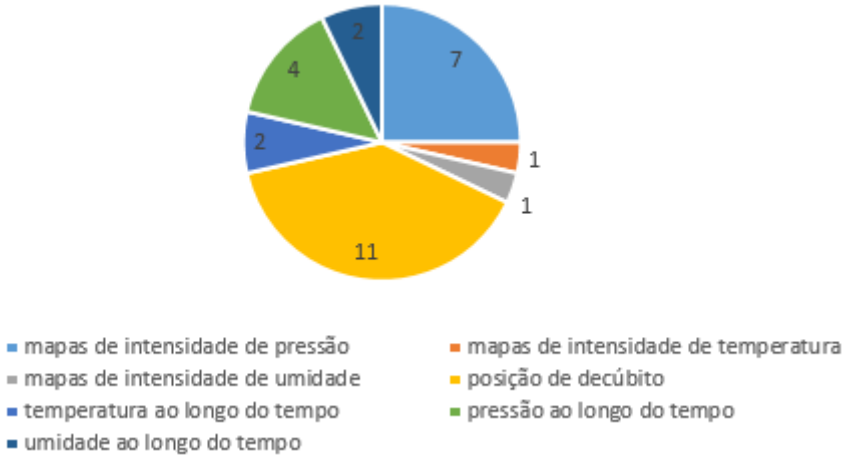

Figura 10 – Informações principais providas pelas abordagens que apoiam a prevenção da UP

3.5.3 Alertas

Alertas são usados pelas abordagens para indicar a possível necessidade de controlar um fator de risco. Na literatura, foram identificados três tipos de

alertas: mensagens de luz, som e mensagem de texto. Para indicar a exposição prolongada à pressão, quatro abordagens utilizam alertas de luz e som (WILLIAMS; SPICER; DOUGHTY, 1997; CHEN et al., 2008; WANG et al., 2011b; KITTIPANYA-NGAM; GUAT; LUNG, 2012) e uma delas utiliza mensagens de texto (WANG et al., 2011a). Para indicar alto nível de temperatura, quatro delas usam sinais de som e luz (JAICHANDAR et al., 2007; CHEN et al., 2008; JAICHANDAR et al., 2011; JAICHANDAR; GARCIA, 2011).

3.5.4 Gerenciamento automatizado dos fatores de risco

Com base no monitoramento do paciente, parte das abordagens pode identificar situações de risco e tomar ações para gerenciar automaticamente fatores de risco.

Três abordagens realizam o gerenciamento da temperatura do corpo usando um método semelhante (JAICHANDAR et al., 2007; JAICHANDAR; GARCIA, 2011; JAICHANDAR et al., 2011). Eles fazem uso de um sistema de ventilação composto por tubos instalados sob o colchão, que esfria o colchão e consequentemente o corpo do paciente por meio de uma corrente de ar. O sistema de ventilação é ligado por um microcontrolador quando o nível da temperatura do corpo do paciente excede um determinado limiar. Moon et al. (2005) apresenta um colchão contendo 18 células de ar feito de material poroso para controle da temperatura. O ar passa através dessas células e esfria a temperatura do corpo.

Duas abordagens realizam o gerenciamento de exposição à pressão por meio de uma cama composta por células móveis capazes de redistribuir a pressão sobre o corpo do paciente (YOUSEFI et al., 2011b; ELFEHRI et al., 2011).

3.5.5 Informações relevantes para a aplicação das abordagens

Alguns pontos devem ser levados em consideração antes de serem aplicadas as abordagens em ambientes hospitalares. Neste estudo, verificou-se se os artigos selecionados consideraram três deles: custo da abordagem, higienização do equipamento de monitoramento e conforto do paciente.

O custo para a aplicação da abordagem foi considerado por sete dos artigos selecionados. Seis deles citam que eles utilizam equipamentos de baixo custo (LOWNE; TARLER, 2005; WANG et al., 2011a; JAICHANDAR; GARCIA, 2011; CHUNG et al., 2013; CHANG et al., 2014). No entanto, apenas Yip et al. (2009) apresenta detalhes de preços.

O conforto do paciente é discutido em quatro dos artigos selecionados ((CHANG et al., 2014; LIU et al., 2014; ELFEHRI et al., 2011; YIP et al., 2009)). Esta é uma questão importante, uma vez que o contato com o equipamento de monitoramento pode comprometer o conforto do paciente em leito.

Como há contato do equipamento com o corpo do paciente, este deve ser higienizado ou descartado quando um novo paciente passa a ser monitorado. Nenhuma das abordagens selecionadas realizou a discussão dessa questão. Apenas em uma delas, que faz uso de câmeras, não há contato do paciente com o equipamento de monitoramento (KITTIPANYA-NGAM; GUAT; LUNG, 2012).

3.6 Discussão dos resultados da revisão sistemática

Esta revisão sistemática apresenta o estado da arte das abordagens que utilizam software para prevenção da UP. Como mostrado nas seções anteriores, essas abordagens são baseadas no monitoramento de fatores de risco do paciente para proporcionar informações relevantes para auxiliar os profissionais de saúde. A

maioria delas utiliza sensores para monitorar a exposição do paciente à pressão, temperatura e umidade para gerar relatórios sobre a intensidade de cada um desses fatores de risco, bem como a posição do paciente na cama. Apesar de muitos avanços terem sido feitos na perspectiva tecnológica para monitorar fatores de risco e gerar relatórios, questões clínicas como o conforto do paciente e higiene do equipamento de monitoramento não foram fortemente exploradas, bem como o preço da abordagem e experimentos para provar que podem reduzir a incidência da UP.

Uma vez que há contato do paciente com o equipamento de monitoramento, o conforto do paciente e a higienização ou descarte do equipamento devem ser considerados. Entretanto, apenas alguns estudos discutem brevemente a questão do conforto. Portanto, estudos futuros poderiam analisar as abordagens propostas, considerando como elas podem impactar o conforto do paciente e como o equipamento deve ser higienizado ou até mesmo substituído toda vez que um novo paciente precisa ser monitorado. Com o surgimento de novas formas alternativas de monitoramento, novas tecnologias que não exigem contato também podem ser exploradas por novas pesquisas como realizado por Kittipanya-Ngam, Guat e Lung (2012).

O custo para aplicação das abordagens é brevemente discutido por apenas sete artigos. Estudos futuros poderiam especificar o preço de cada equipamento de monitoramento e compará-lo com o quanto seria economizado com tratamento de úlceras de pressão se a abordagem fosse aplicada.

4 Sistema para apoio à prevenção da úlcera por pressão

Este trabalho apresenta o sistema SAPU (Sistema para Apoio à Prevenção de Úlcera por Pressão) cuja principal finalidade é apoiar profissionais da saúde na tomada de decisão para prevenção da UP. Para tal fim, o SAPU realiza o monitoramento automatizado e contínuo de pacientes acamados e disponibiliza informações referentes à sua movimentação e posição de decúbito. Mais especificamente, o sistema prove as seguintes informações:

- Histórico das últimas posições de decúbito;
- Gráfico de intensidade que representa a quantidade de movimentação em cada região do corpo do paciente;
- Gráfico de intensidade que representa as variações encontradas a partir da comparação de imagens para identificação de locais onde ocorreram movimentação;
- Histórico de movimentações por região do corpo do paciente;
- Nível de risco de surgimento de UP calculado a partir da escala de Braden.

Adicionalmente, o sistema exibe alertas visuais na interface de usuário para comunicar situações de risco: quando há pouca ou nenhuma movimentação ou quando o paciente permanece por um longo período em uma mesma posição de decúbito. Para realização do monitoramento, o SAPU faz uso do Kinect, que é um sensor de movimentos capaz de identificar posições de regiões do corpo de um paciente acamado e gerar imagens de profundidade de uma cena. Baseado nesses dados, o sistema é capaz de estimar a posição de decúbito e movimentações do paciente por meio de algoritmos, classificadores e comparação de imagens. O Kinect é um dispositivo com um custo relativamente baixo, amplamente disponível e não precisa ser substituído quando um novo paciente passa a ser monitorado, já que não há contato físico do dispositivo com o paciente.

O sistema SAPU apresenta as seguintes contribuições à prevenção das UP's:

- monitoramento da posição de decúbito e movimentação de um paciente acamado;
- painel de monitoramento com indicadores da quantidade de movimentação por regiões do corpo e posição de decúbito;
- alertas configuráveis de situações de risco.

Nas próximas seções, inicialmente são apresentados os detalhes do monitoramento do SAPU, como a configuração do ambiente e os métodos de monitoramento utilizados pelo sistema. Em seguida, é apresentada a arquitetura do SAPU, detalhando seus módulos e funcionalidades, e por fim, suas limitações.

4.1 Configuração do ambiente de monitoramento

Para que os métodos que serão apresentados nas próximas seções para estimativa e monitoramento da posição de decúbito e da movimentação funcionem de maneira adequada, os seguintes pontos devem ser considerados:

- O Kinect deve estar posicionado acima da cama do paciente como mostrado na figura 11;
- O Kinect deve estar conectado a um computador com o sistema SAPU em execução;
- O SAPU deve recuperar imagens de profundidade e dados de posição continuamente a cada intervalo de tempo. O intervalo padrão utilizado é de 5 segundos, mas ele pode ser ajustado caso necessário.

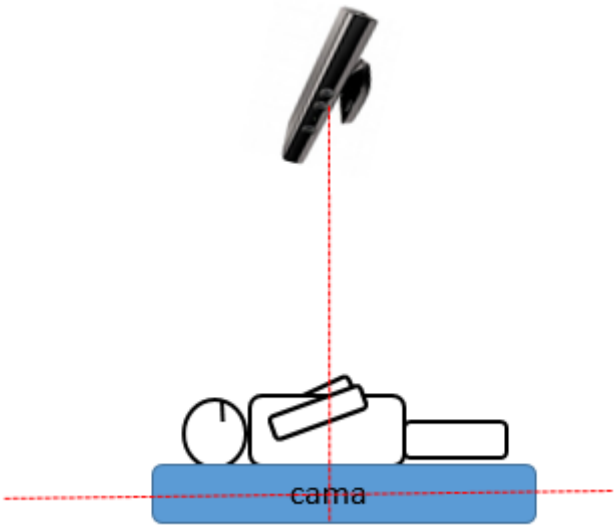

Figura 11 – Posição do Kinect em relação à cama

4.2 Métodos para monitoramento da movimentação e posição de decúbito

O SAPU considera dois diferentes cenários para o monitoramento do paciente acamado. No primeiro deles, o paciente encontra-se descoberto, sem o uso de lençóis ou cobertores. Nesse cenário, o SAPU pode identificar a posição de partes específicas do corpo, como: mãos, cotovelos e pés. O segundo cenário contempla situações em que o paciente está coberto. Lençóis e cobertores funcionam como obstáculos que dificultam a identificação da silhueta do corpo e, consequentemente, a obtenção de dados de posição. Nesse cenário, somente imagens de profundidade são utilizadas para o monitoramento.

A seguir são apresentadas as abordagens utilizadas para monitoramento da posição de decúbito e da movimentação para os dois cenários de monitoramento.

4.2.1 Estimativa da posição de decúbito baseada em dados de posição

Para o cenário do monitoramento de um paciente descoberto, o SAPU utiliza um algoritmo, desenvolvido neste trabalho, que utiliza os dados de posição dos ombros para estimativa de quatro diferentes posições de decúbito ilustradas na figura 12: decúbito dorsal horizontal, decúbito ventral, decúbito lateral esquerdo e decúbito lateral direito.

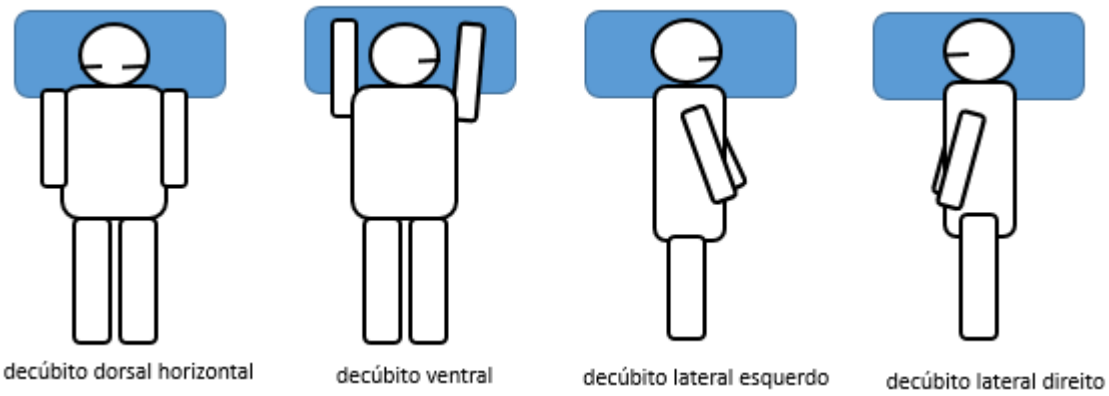

Figura 12 – Posições de decúbito identificadas pelo SAPU

Pode-se notar algumas características particulares em relação aos dados de posições dos ombros em cada posição de decúbito como mostrado na figura 13:

- na posição decúbito lateral direito, o ombro esquerdo está mais próximo em relação ao Kinect, em profundidade (eixo z), comparado ao ombro direito que se encontra em contato com a cama;
- na posição decúbito lateral esquerdo, o ombro direito está mais próximo em relação ao Kinect, em profundidade, comparado ao ombro esquerdo, que se encontra em contato com a cama;
- em ambas as posições decúbito dorsal horizontal e decúbito ventral, os ombros encontram-se em distâncias próximas em relação ao Kinect quando

comparadas apenas as distâncias em profundidade. Entretanto, se observadas as distâncias em largura (eixo x), quando o paciente está na posição decúbito dorsal horizontal, a distância em largura do ombro esquerdo será menor que o ombro direito e o inverso será observado na posição decúbito ventral.

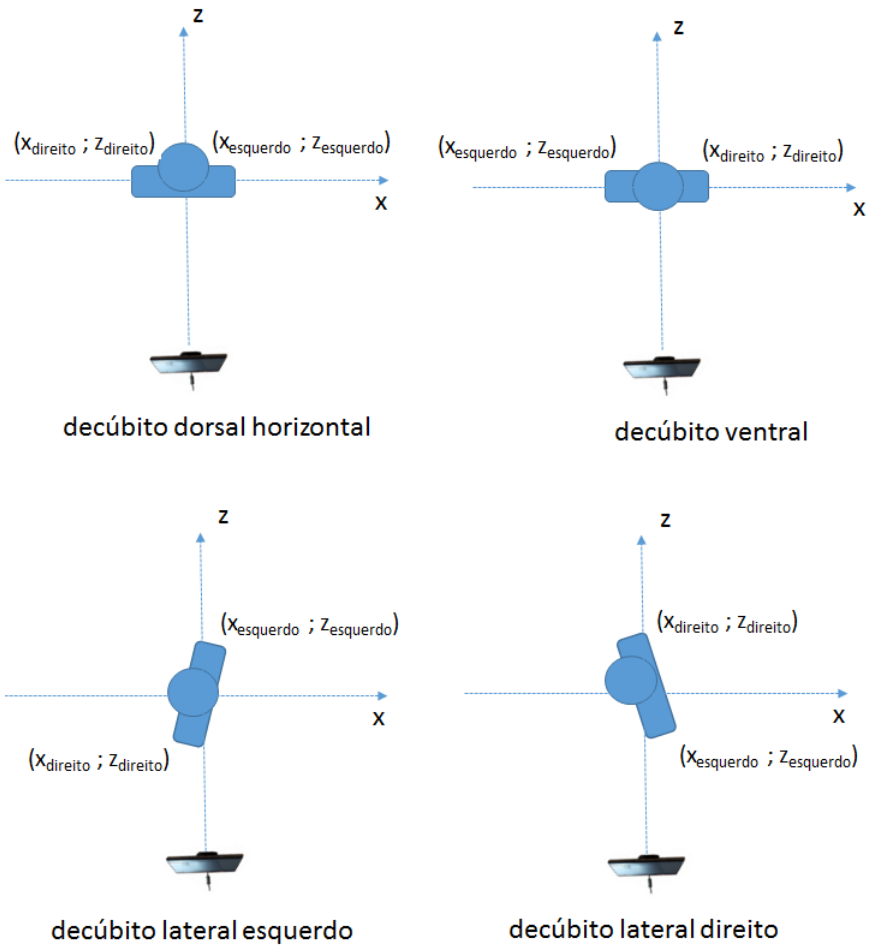

Figura 13 – Posições de distâncias dos ombros de uma pessoa em leito

Com base nessas observações, foi desenvolvido um algoritmo para estimativa de posições de decúbito baseado nas seguintes definições:

- x_{direito} e x_{esquerdo} são definidos como as distâncias dos ombros direito e esquerdo relativas ao eixo x, respectivamente;
- z_{direito} e z_{esquerdo} são definidos como as distâncias dos ombros esquerdo e direito relativos ao eixo z, respectivamente;
- Quando o paciente está na posição decúbito dorsal horizontal, a diferença entre x_{direito} e x_{esquerdo} correspondem aproximadamente à largura de suas costas, definida como d_{ombros}. Se $x_{\text{direito}} - x_{\text{esquerdo}} > d_{\text{ombros}} * fator$, onde $fator$ varia de 0 a 1 e $d_{\text{ombros}} * fator$ é um percentual de d_{ombros}, pode-se inferir que o paciente está na posição decúbito dorsal horizontal. Já que nesse cenário, os ombros podem não estar perfeitamente alinhados em relação ao Kinect, é necessário considerar um intervalo e não o valor inteiro de d_{ombros};
- Quando o paciente está na posição decúbito ventral, a diferença entre x_{direito} e x_{esquerdo} corresponde aproximadamente a $- d_{\text{ombros}} * fator$;
- Quando o paciente está na posição decúbito lateral esquerdo, a diferença entre x_{direito} e x_{esquerdo} é menor do que d_{ombros} e $z_{\text{esquerdo}} > z_{\text{direito}}$
- Quando o paciente está na posição decúbito lateral direito, a diferença entre x_{direito} e x_{esquerdo} é menor que d_{ombros} e $z_{\text{esquerdo}} < z_{\text{direito}}$.

A partir dessas observações, o algoritmo desenvolvido é apresentado no diagrama da figura 14.

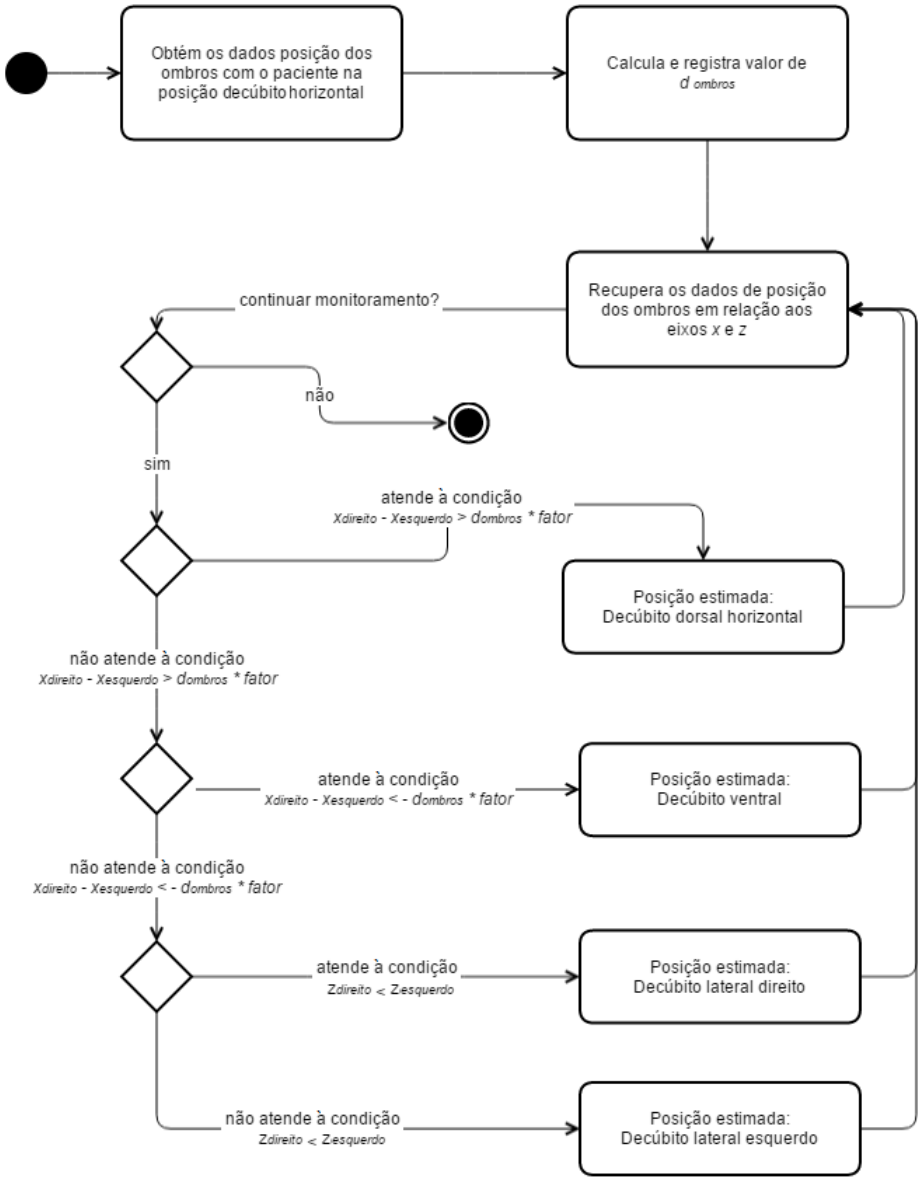

Figura 14 – Diagrama do algoritmo para estimativa da posição de decúbito

4.2.2 Estimativa da posição por classificação de imagens

Quando o paciente está coberto e os dados de posição não são disponibilizados, o SAPU estima a posição de decúbito do paciente acamado por meio da classificação de imagens de profundidade utilizando o classificador k-NN. Nesse trabalho, foram colhidas imagens de profundidade de pessoas nas seguintes posições de decúbito: decúbito dorsal horizontal, decúbito ventral, decúbito lateral esquerdo e decúbito lateral direito. Essas imagens foram utilizadas para treinamento e testes de desempenho do classificador como apresentado na seção 5.

4.2.3 Estimativa da movimentação baseada em dados de posição

Movimentações de uma determinada região do corpo resultam em variações nos dados de posição obtidos com o Kinect. Dessa forma, a partir do armazenamento dos dados de posição e verificação de suas variações, o SAPU é capaz de estimar e monitorar a movimentação de regiões do corpo de um paciente acamado como será explicado a seguir.

A cada novo registro de posição recuperado, é feito o cálculo da distância no eixo tridimensional entre o novo registro e o obtido anteriormente para os dado de posição de cada região. Caso a distância calculada para os dados de posição de uma dada região seja maior do que um limiar, isso indica que houve mudança em sua posição original e, consequentemente, uma movimentação. O uso de um limiar visa evitar a consideração de movimentação para pequenas variações nos dados de posição, que podem ocorrer mesmo quando uma região do corpo está parada. O valor padrão utilizado pelo SAPU como limiar é de 73,68mm. Esse valor foi obtido por meio de dados experimentais apresentados na seção 5.

A distância calculada entre duas posições de uma determinada região do corpo é dada com base na distância euclidiana em um espaço tridimensional conforme a seguinte equação:

$$distância = \sqrt{(x_{\text{atual}} - x_{\text{anterior}})^2 + (y_{\text{atual}} - y_{\text{anterior}})^2 + (z_{\text{atual}} - z_{\text{anterior}})^2} \quad (1)$$

onde *distância* é o valor da distância calculada entre os dois pontos. Os valores de $\text{x}_{\text{anterior}}$, $\text{y}_{\text{anterior}}$ e $\text{z}_{\text{anterior}}$ são as coordenadas em relação aos eixos *x, y* e *z* do primeiro ponto e x_{atual}, y_{atual} e z_{atual} são as coordenadas em relação aos eixos *x, y* e *z* do segundo ponto.

A figura 15, representa o funcionamento do método por meio de um diagrama de atividades

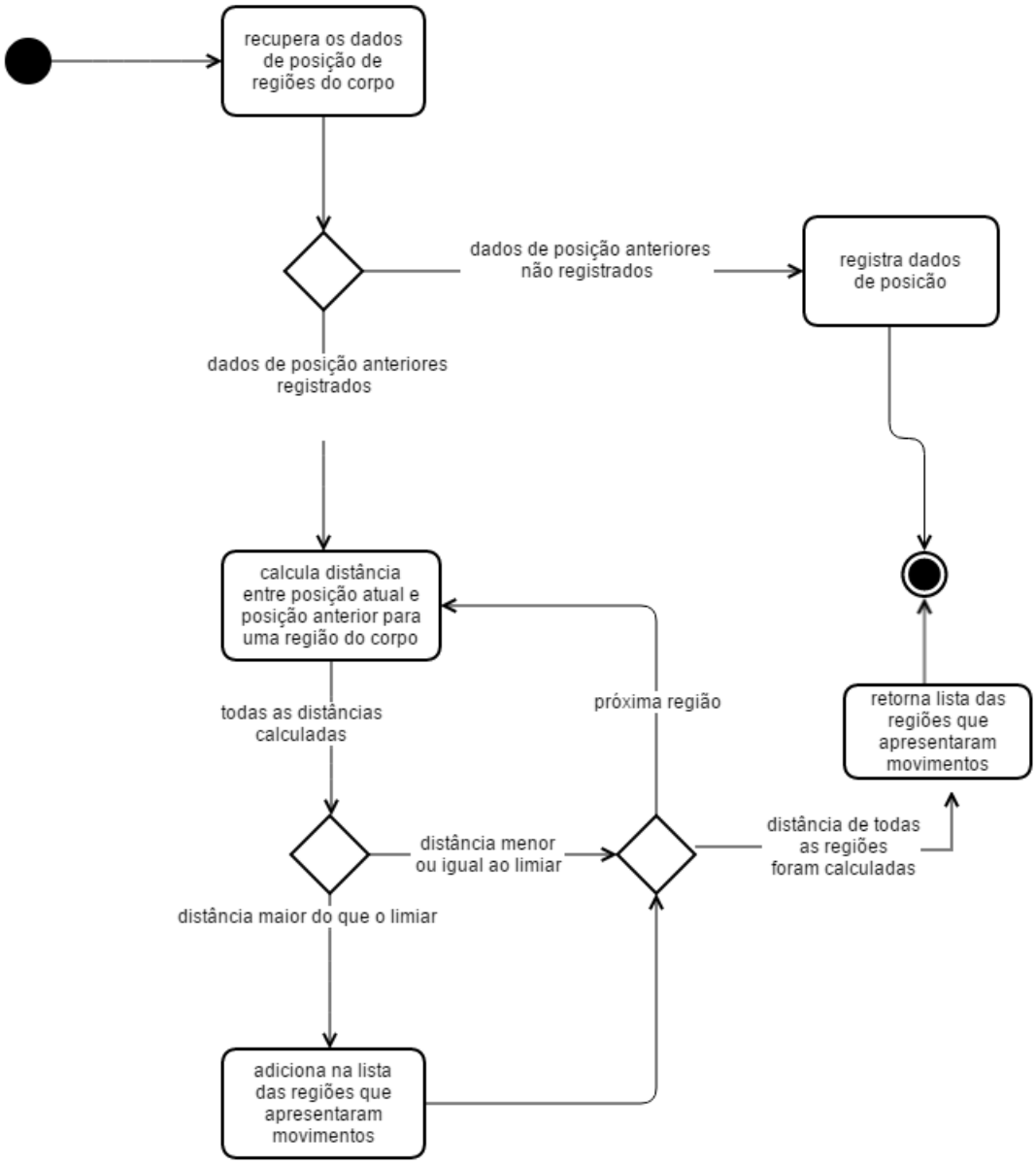

Figura 15 – Diagrama de atividades que representa o funcionamento do método de estimativa da movimentação baseada em dados de posição

4.2.4 Estimativa da movimentação por comparação de imagens

No cenário em que o paciente está coberto e os dados de posição de regiões do corpo não estão disponíveis, o SAPU estima a movimentação por meio da comparação entre as imagens de profundidade. A cada nova imagem obtida, o SAPU compara os valores de distância de cada um de seus *pixels* com o pixel correspondente da imagem anterior. A comparação é realizada por meio da diferença entre os valores correspondentes, se essa diferença for maior do que um determinado limiar, o SAPU considera que houve uma variação naquele pixel entre as duas imagens. O uso de um limiar para considerar essa variação é necessário, pois, mesmo quando não há variação na cena, o Kinect pode apresentar variações nos dados de distância dos *pixels* da imagem de profundidade. Para ilustrar essa comparação, um exemplo é apresentado na figura 16. Nele, são mostradas duas imagens de profundidade antes e após a movimentação dos braços da pessoa na cena. A comparação entre as imagens é representada por uma imagem binária, onde os pontos em branco apontam os locais em que houve variações entre as duas imagens.

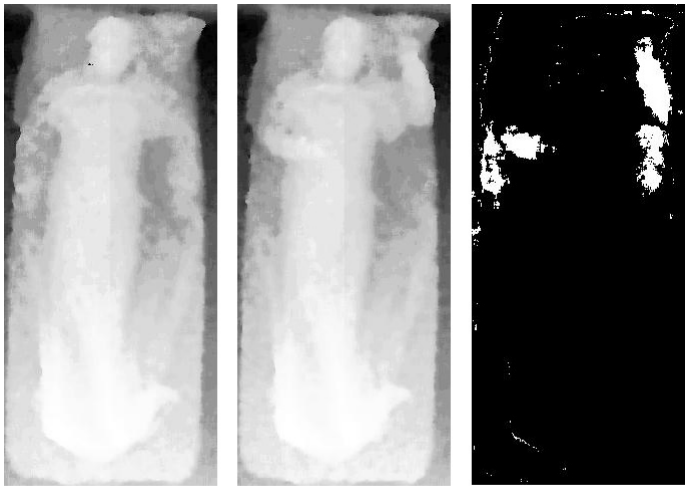

Figura 16 – Comparação de imagens de profundidade

4.3 Arquitetura do Sistema

As funcionalidades do SAPU foram agrupadas em módulos como mostrado na figura 17.

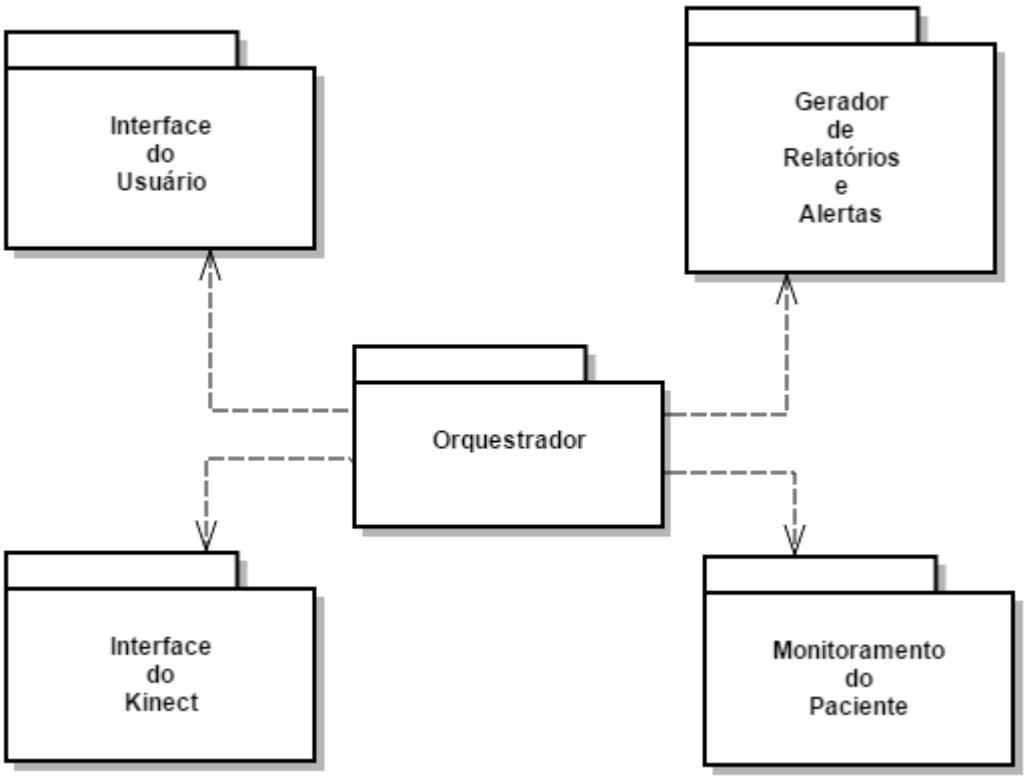

Figura 17 – Arquitetura do SAPU

Cada um deles é explicado em maiores detalhes a seguir:

- **Interface do Kinect**: por meio desse módulo, é desempenhada a comunicação do SAPU com o Kinect. Ele é responsável por inicializar o sensor, recuperar as imagens de profundidade da cena e os dados de posição de regiões do corpo do paciente para utilização no módulo de monitoramento.

- **Monitoramento do paciente**: este módulo é responsável por estimar e monitorar as movimentações e posições de decúbito do paciente.
- **Gerador de Relatórios e Alertas**: módulo responsável por servir informações geradas a partir do monitoramento do paciente para serem exibidas em formatos específicos na interface do usuário, como no gráfico de intensidade de movimentação, posição de decúbito atual e histórico do monitoramento. Além disso, ele analisa os dados de monitoramento para identificar situações de risco: quando há pouca ou nenhuma movimentação ou quando o paciente está por muito tempo em uma única posição de decúbito.
- **Interface do Usuário**: esse módulo é responsável por toda a interação do usuário com o sistema. Ele viabiliza o cadastro e gerenciamento de dados paciente, a visualização de relatórios e configuração de alertas.
- **Orquestrador**: esse módulo gerencia o funcionamento do sistema, controlando os outros módulos e a comunicação entre eles.

4.3.1 Funcionamento do Sistema

O SAPU possui três funcionalidades principais: cadastro e alteração de dados do paciente acamado, monitoramento da posição de decúbito e disponibilização de informações obtidas com o monitoramento, como apresentado nas subseções a seguir.

4.3.1.1 Cadastro de paciente

Antes de iniciar o monitoramento do paciente, é necessário que ele esteja cadastrado no SAPU. O processo de cadastro é realizado conforme tela apresentada na figura 18. Nessa tela, deve ser informado o nome do paciente e, em seguida,

respondido o questionário da escala de Braden para que o risco de surgimento de UP seja calculado e exibido na tela de monitoramento como detalhado na seção 2.1.2.

Na tela de cadastro, devem ser também realizadas as configurações dos alertas que podem ser disparados durante o monitoramento:

- **alerta de permanência em uma mesma posição de decúbito:** deve ser informado qual o *tempo máximo* em minutos que um paciente pode permanecer em uma mesma posição de decúbito. Se o tempo for excedido, o alerta será acionado.
- **alerta de quantidade de movimentação abaixo do esperado:** devem ser informados a *quantidade de movimentação mínima* e o *intervalo de tempo* considerado (em minutos). O alerta é acionado durante o monitoramento caso o SAPU identifique uma quantidade de movimentação inferior ao mínimo estabelecido no período de tempo informado.

Outro ponto que também deve ser configurado na tela de cadastro, são os dois gráficos de intensidade de movimentação. Eles funcionam como indicadores sobre a movimentação do paciente. As opções de configuração são detalhadas a seguir:

- **gráfico de intensidade da quantidade de movimentação por região do corpo:** deve ser informada a *quantidade ideal de movimentações* por região do corpo e o *período de tempo* considerado. A quantidade ideal de movimentação é usada para definir a escala de cor do gráfico como detalhado na seção 4.3.1.3.2.
- **gráfico de intensidade de variações das imagens de profundidade:** deve ser definido qual a *variação ideal* em cada ponto da imagem e e o *período de tempo* considerado. Similarmente ao gráfico anterior, essas informações são

usadas para definição da escala de cor do gráfico como detalhado na seção 4.3.1.3.2.

SAPU | Monitorar Paciente | Relatórios dos Pacientes | Pacientes | Sistema para Apoio à Prevenção da Úlcera Por Pressão

Cadastro de Paciente

Nome

Escala de Braden

Percepção Sensorial (Capacidade de reação significativa ao desconforto):

- 1. Completamente limitada
- 2. Muito limitada
- 3. Ligeiramente limitada
- 4. Nenhuma limitação

Umidade (Nível de exposição da pele à umidade):

- 1. Pele constantemente úmida
- 2. Pele muito úmida
- 3. Pele ocasionalmente úmida
- 4. Pele raramente úmida

Atividade (Nível de atividade física):

- 1. Acamado
- 2. Sentado
- 3. Anda ocasionalmente
- 4. Anda frequentemente

Mobilidade (Capacidade de alterar e controlar a posição do corpo):

- 1. Completamente imobilizado
- 2. Muito limitada
- 3. Ligeiramente limitado
- 4. Nenhuma limitação

Nutrição (Alimentação habitual):

- 1. Muito pobre
- 2. Provavelmente inadequada
- 3. Adequada
- 4. Excelente

Fricção e forças de deslizamento:

- 1. Problema
- 2. Problema potencial
- 3. Nenhum problema

Configuração de Alertas

Posição de decúbito

Alertar caso o paciente permaneça em uma mesma posição, por um período maior do que: ____ minutos.

Movimentação

Alertar caso não seja identificada uma quantidade de movimentações em uma região do corpo menor do que: ____ movimentações em um intervalo de ____ minutos.

Configuração de gráficos de intensidade

Movimentação por região do corpo

Quantidade ideal de movimentos: ____ em um intervalo de ____ minutos.

Variação de imagens

Quantidade ideal de ____ variações por pontos da imagem em um intervalo de ____ minutos.

Cadastrar

Figura 18 – Tela de cadastro

4.3.1.2 Monitoramento do Paciente

Para realizar o monitoramento do paciente, o SAPU faz uso dos métodos apresentados na seção 4.2. Inicialmente, o módulo do orquestrador solicita ao módulo Interface do Kinect os dados de posição e imagens de profundidade do paciente acamado. Ao recebê-los, faz duas verificações:

- verifica se os dados de posição estão disponíveis;
- verifica se o valor de d_{ombros} correspondente a diferença entre as posições dos ombros em relação ao eixo x já foi calculada.

Caso essas duas condições sejam atendidas, a estimativa da posição de decúbito é realizada com base nos dados de posição dos ombros. Caso contrário, a estimativa da posição é realizada por meio da classificação de imagens. O valor de d_{ombros} é calculado quando os dados de rastreamento de esqueleto estão disponíveis e o paciente está na posição decúbito dorsal horizontal.

A estimativa da movimentação é realizada por meio da comparação entre os dados de posição mais atuais e os dados obtidos anteriormente. Adicionalmente, a nova imagem de profundidade obtida é comparada com a anterior para verificar variações.

Os processos de estimativa de movimentação e posição de decúbito são repetidos continuamente, o que possibilita o monitoramento constante do paciente. A figura 19, representa esse processo por meio de um diagrama de atividades.

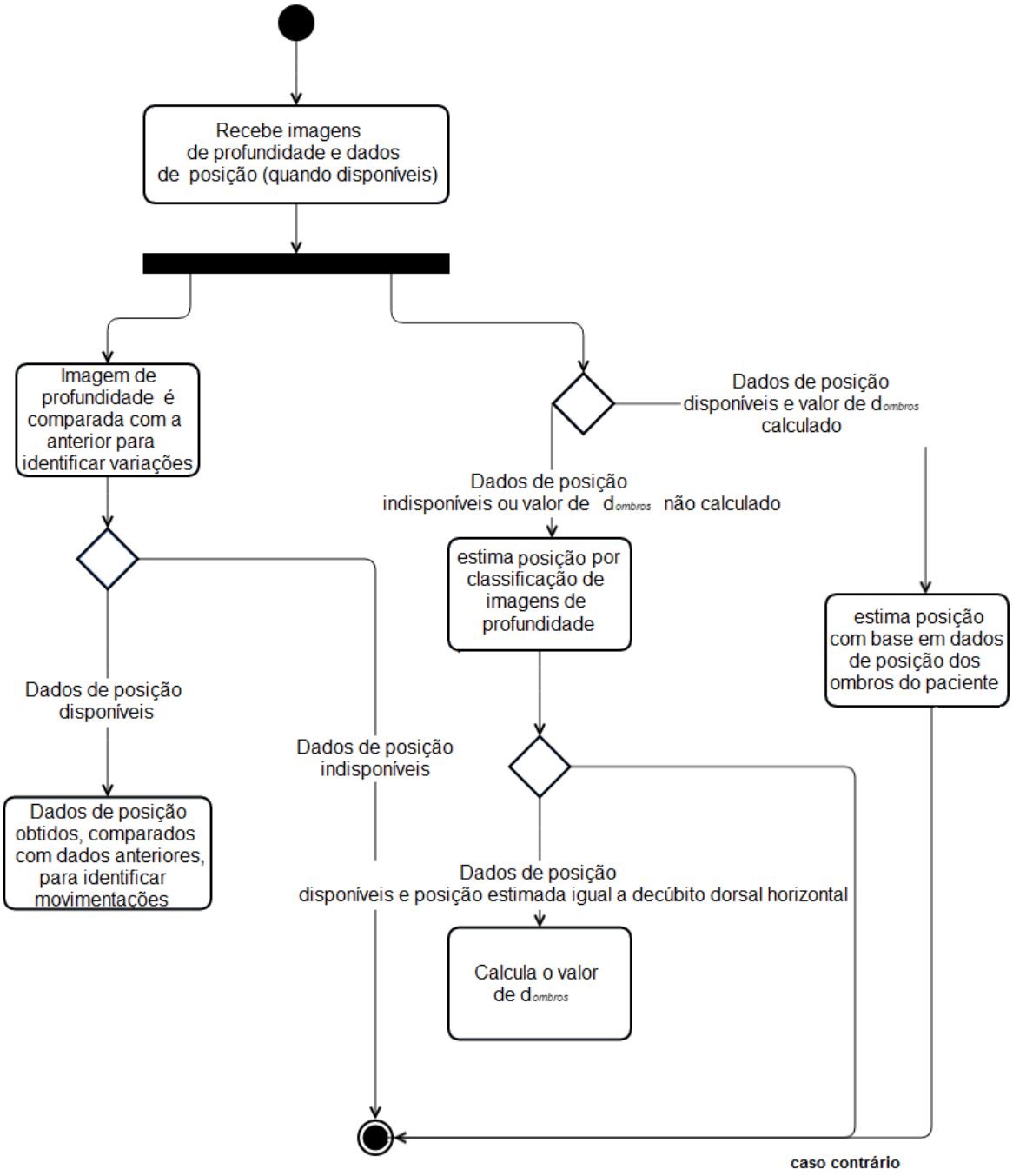

Figura 19 – Diagrama de atividades do funcionamento do monitoramento

4.3.1.3 Painel de monitoramento

As informações geradas a partir do monitoramento são disponibilizadas por meio de um painel mostrado na figura 21. Nele é possível consultar: o risco calculado pela escala de Braden, a posição de decúbito atual, o histórico das últimas posições de decúbito, um gráfico de intensidade de nível de movimentações por região do corpo, histórico da quantidade de movimentação por região do corpo e o gráfico de intensidade de variações de imagens. Os dados apresentados no painel de monitoramento são detalhados nas subseções seguintes.

4.3.1.3.1 Posição de decúbito

Na tela de acompanhamento do monitoramento, o SAPU disponibiliza duas informações referentes à posição de decúbito do paciente: sua posição de decúbito atual e um gráfico com o histórico de posições. Essas informações são exibidas na figura 20. Para a posição atual, uma figura ilustrativa é exibida acima da legenda com o nome da posição. O gráfico com o histórico exibe as quatro posições de decúbito monitoradas onde cada uma delas ocupa uma região: decúbito dorsal horizontal, decúbito ventral, decúbito lateral esquerdo e decúbito lateral direito.

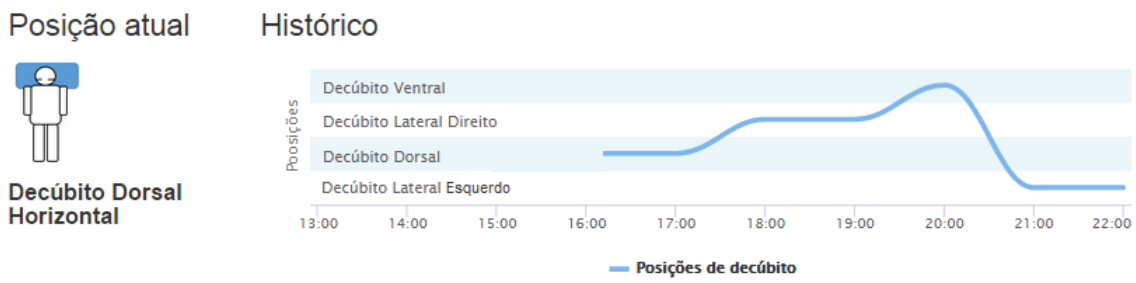

Figura 20 – Gráficos do monitoramento de posição de decúbito

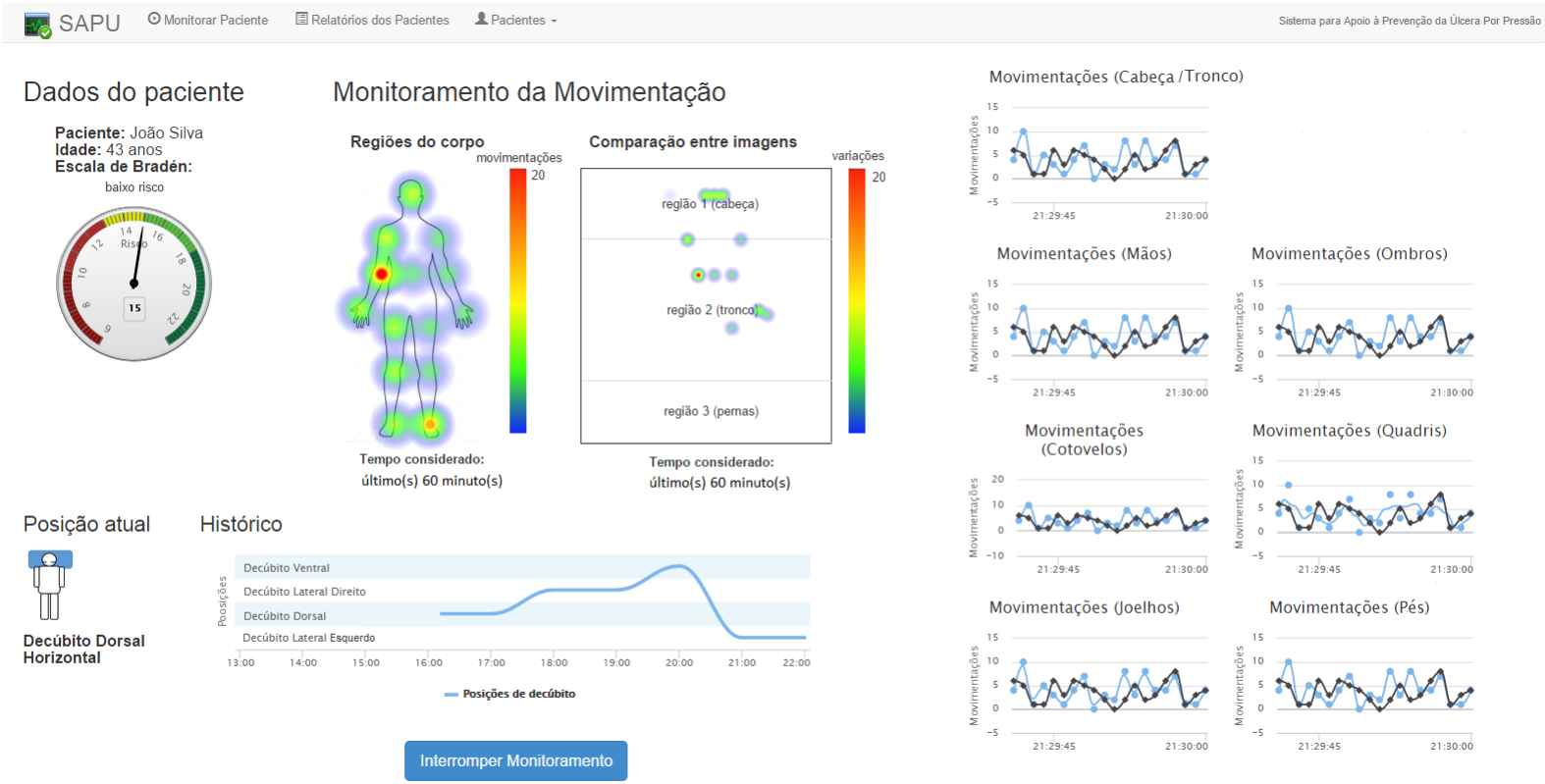

Figura 21 – Tela de acompanhamento do monitoramento

4.3.1.3.2 Movimentação

O SAPU provê as seguintes informações referentes a movimentação: o histórico e um gráfico de intensidade de movimentos identificados por região do corpo e um gráfico de intensidade de variações de imagens de profundidade.

Um conjunto de gráficos exibem o histórico de movimentação. Eles indicam a quantidade de movimentação identificada por minuto em regiões específicas do corpo do paciente.

O gráfico de intensidade que representa a quantidade de movimentações por região do corpo é apresentado na figura 22. Quanto mais próxima da quantidade ideal estabelecida pelo profissional da saúde estiver a movimentação de uma dada região, mais próxima a cor do ponto que a representa estará da cor vermelha. De maneira inversa, quanto menor a quantidade de movimentação, mais próxima do azul estará a cor de um determinado ponto. Esse gráfico considera apenas a quantidade de movimentação do último período de tempo estabelecido pelo profissional da saúde, por exemplo, para 60 minutos, serão consideradas as movimentações que aconteceram nos últimos 60 minutos. As configurações desse gráfico devem ser realizadas na tela de cadastro, como explicado na seção 4.3.1.1.

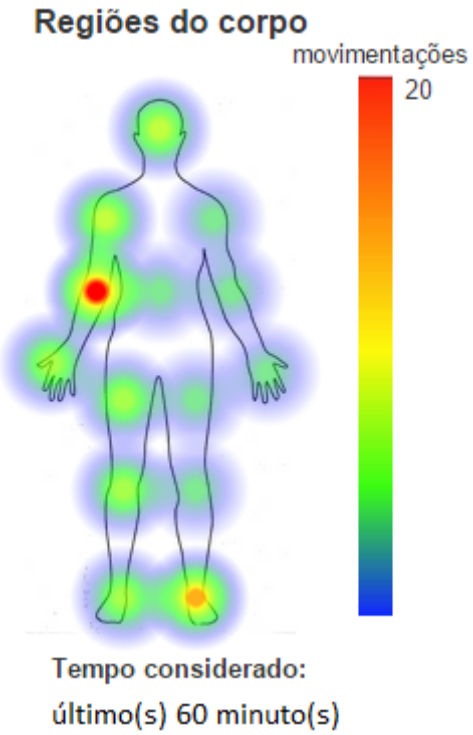

Figura 22 – Gráfico de intensidade da quantidade de movimentação por região do corpo

Um gráfico de intensidade que representa a quantidade de variações em pontos das imagens de profundidade é apresentado na figura 23. Cada novo frame obtido é comparado com o anterior para verificar em quais pontos ocorreram variações nas imagens e, possivelmente, locais de movimentação. De maneira semelhante ao gráfico de intensidade que representa a quantidade de movimentações, quanto mais próxima a quantidade de variações em um ponto das imagens estiver da quantidade ideal estabelecida pelo profissional da saúde, mais próximo a cor que o representa estará da cor vermelha. Para esse gráfico, também deve ser definido o período considerado.

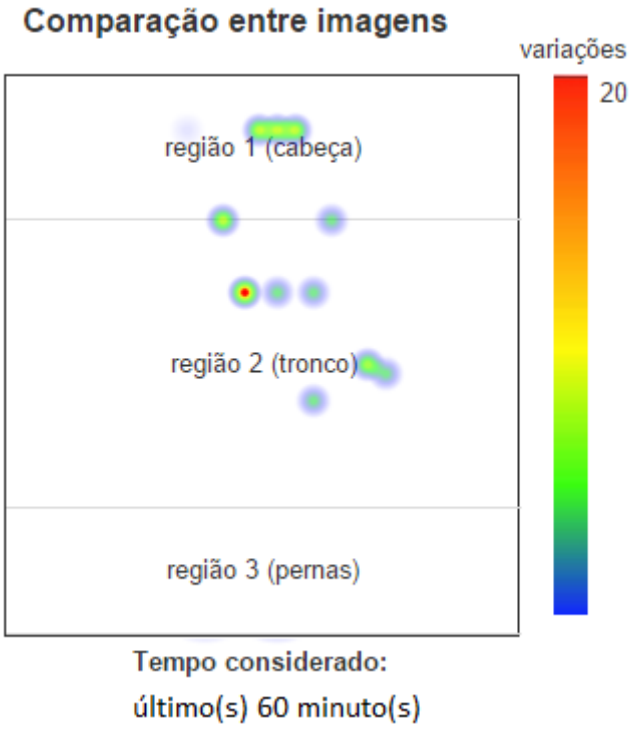

Figura 23 – Gráfico de intensidade da quantidade de variações em pontos das imagens de profundidade

4.3.1.3.3 Escala de Braden

Na tela de monitoramento, é exibido um gráfico mostrando qual o nível de risco do paciente monitorado de acordo com a escala de Braden.

Figura 24 – Gráfico da escala de Braden

4.3.2 Alertas

A partir da estimativa e monitoramento da posição de decúbito o SAPU é capaz de identificar situações de risco: quando há pouca ou ausência de movimentação, ou quando o paciente encontra-se em uma mesma posição de decúbito por um longo período de tempo. Quando essas situações são identificadas, o sistema exibe alertas visuais na tela de acompanhamento do monitoramento para comunicar o profissional da saúde. O SAPU provê dois tipos de alertas:

- **permanência em uma mesma posição de decúbito por um longo período de tempo:** esse alerta é acionado caso o sistema identifique que o paciente permaneceu em uma mesma posição de decúbito por um tempo maior do que um tempo máximo estabelecido pelo profissional da saúde na tela de cadastro, como explicado na seção 4.3.1.1. Um exemplo do alerta é mostrado na figura 26.
- **quantidade de movimentação abaixo do esperado:** se uma região do corpo do paciente apresentar uma quantidade de movimentação abaixo da quantidade mínima no período de tempo configurado pelo profissional da

saúde, como explicado na seção 4.3.1.1, esse alerta é acionado. Um exemplo do alerta é mostrado na figura 25.

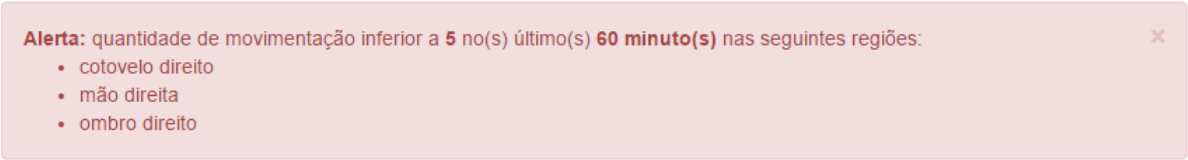

Figura 25 – Exemplo de alerta para quantidade de movimentação abaixo do esperado

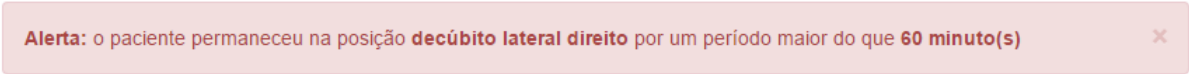

Figura 26 – Exemplo de alerta para permanência em uma mesma posição de decúbito por um longo período de tempo

4.4 Limitações do SAPU

O SAPU apresenta as seguintes limitações:

- O Kinect precisa estar posicionado acima da cama a uma distância de aproximadamente 2,5 metros, caso contrário as estimativas de posição de decúbito e movimentação podem ser comprometidas. Além disso, o campo de visão do Kinect não deve ser obstruído, em caso de alguma ação que cause essa obstrução, por exemplo, para aplicação de algum procedimento pelo profissional da saúde, o monitoramento deve ser pausado e retomado em seguida.
- A estimativa das movimentações por regiões do corpo do paciente depende dos dados de posição gerados pelo rastreamento do esqueleto. Por conta disso,

ela só é realizada no cenário de monitoramento em que o paciente encontra-se descoberto e os dados de posição estão disponíveis.

- A estimativa de posições de decúbito estão limitadas a quatro variações: decúbito ventral, decúbito lateral esquerdo e decúbito lateral direito e decúbito dorsal horizontal.

5 Experimentação com os métodos para monitoramento da movimentação e posição de decúbito

Este capítulo descreve um experimento realizado com os métodos para monitoramento da movimentação e posição de decúbito. Esse experimento tem como objetivo avaliar a viabilidade prática desses métodos por meio de testes com sua aplicação para observação de seu desempenho nas tarefas de estimativa de movimentação e posição de decúbito.

Ao todo, três voluntários participaram do experimento. Eles realizaram uma série de sequências de ações de movimentação e troca de posição de decúbito, para coleta de dados de posição que foram usados nos testes de cada método. A seguir são apresentados os procedimentos para realização dos experimentos, assim como os resultados e sua discussão.

5.1 Procedimentos do experimento

Para realização do experimento, um Kinect foi instalado acima de um colchão a uma distância de aproximadamente 2,5 metros como ilustrado na figura 11 da seção 4.1. Em seguida, foram realizados uma sequência de procedimentos com os participantes enquanto eles permaneciam deitados no colchão para coleta de dados e testes com cada um dos métodos estimativa de movimentação e posição de decúbito como será detalhado a seguir.

5.1.1 Procedimentos para experimentação do método de estimativa de posição de decúbito baseada em dados de posição

Para realização dos testes com o método para estimativa de posição de decúbito baseada em dados de posição, cada participante foi instruído a assumir inicialmente a posição de decúbito dorsal horizontal. Foram então registrados

os dados de posição iniciais dos ombros e armazenada a distância d_{ombros} que corresponde a diferença das posições dos ombros em relação ao eixo x. Em seguida, os participantes foram instruídos a assumir as posições decúbito ventral, decúbito lateral esquerdo e decúbito lateral direito e, novamente, decúbito dorsal horizontal. Para cada uma delas, os dados de posição foram extraídos e armazenados.

Foram então realizadas as estimativas das posições de decúbito assumidas pelos participantes por meio do método apresentado na seção 4.2.1. Como explicado anteriormente, também na seção 4.2.1, é necessário a definição do valor da variável $fator$ para obter uma fração de d_{ombros} para que esse valor seja usado nas comparações feitas para estimativa da posição. Nesse experimento, foram realizados testes de desempenho com os seguintes valores: 1; 0,95; 0,90; 0,85; 0,80; 0,75; 0,70; 0,65; 0,60; 0,55 e 0,50.

5.1.2 Procedimentos para experimentação do método de estimativa da movimentação baseada em dados de posição

Podem ocorrer pequenas variações nos dados de posição mesmo quando nenhuma região do corpo é movimentada. O método de estimativa da movimentação baseada em dados de posição faz uso de um limiar para que nem toda variação de posição seja considerada uma movimentação. Nesse experimento, foram colhidos dados de posição de regiões do corpo dos participantes enquanto eles permaneceram deitados no colchão sem se movimentar. Com base na comparação dos dados de posição obtidos, foi possível identificar essa variação de maneira amostral para ser usada como insumo para definição do limiar.

Cada participante foi instruído a permanecer imóvel no colchão para que fossem coletadas 10 amostras de dados de posição. Para cada conjunto de dados de um mesmo participante, foram calculadas as distâncias no espaço tridimensional entre dados de posição de regiões correspondentes para identificação das variações

nas amostras. Em seguida, a variação máxima observada foi utilizada como o limiar para o método de estimativa da movimentação baseada em dados de posição.

Após definição do limiar, foram realizados procedimentos para avaliar seu desempenho na identificação de movimentações. O participante foi instruído a realizar os seguintes procedimentos sequencialmente:

- movimentar apenas os membros superiores;
- movimentar apenas os membros inferiores;
- movimentar apenas a cabeça;
- mudar de posição de decúbito;
- permanecer na mesma posição sem movimentação.

No final da execução de cada uma dessas ações, foram registrados os dados de posição. Foi então avaliado se o método foi capaz de identificar as movimentações realizadas.

5.1.3 Procedimentos para experimentação do método de estimativa de posição de decúbito por meio de classificação de imagens de profundidade

Três participantes foram instruídos a assumir três variações das seguintes posições de decúbito: decúbito dorsal horizontal, decúbito ventral, decúbito lateral esquerdo e decúbito lateral direito. As variações diferiram nas posições dos braços e pernas. Foram então registradas imagens de profundidade para cada posição assumida pelos participantes resultando em 36 imagens de profundidade.

Foi realizado o pré-processamento das imagens que consistiu em extrair da imagem original apenas o segmento que contempla o colchão. Com isso, foram obtidas imagens com uma resolução igual à 200x480 pixels. Essas imagens foram então segmentadas em 40 regiões de tamanho 50x48 pixels de quais o dado de distância do primeiro pixel de cada uma delas foi utilizado para criação de um vetor

que representa cada imagem. Com os vetores extraídos, foram realizados testes com o classificador k-NN para avaliar a viabilidade da estimativa de posições de decúbito realizando teste com diferentes valores de k. Como explicado na seção 2.5, o valor de k é utilizado para predições que são baseadas nas k instâncias de treinamento que estão mais próximas da instância desconhecida. A classe mais comum entre as k instâncias é a classe dada à instância desconhecida.

O desempenho do k-NN foi medido por meio de validação-cruzada por meio do particionamento do conjunto de vetores das imagens em 3 subconjuntos aleatórios, mutuamente exclusivos e de mesmo tamanho. Um subconjunto foi usado para treinamento do classificador e os subconjuntos restantes foram usados para a indução do classificador, ou seja, para verificar seu desempenho em classificar corretamente as posições de decúbito. Calculou-se, então, o erro obtido para esse conjunto de testes e o processo foi repetido utilizando cada um dos outros subconjuntos para treinamento. O erro do classificador é estimado pela média dos erros dos subconjuntos.

5.1.4 Procedimentos para experimentação do método de estimativa da movimentação por comparação de imagens de profundidade

Como podem haver pequenas variações nos dados de distância de imagens de profundidade mesmo sem haver mudanças na cena, é necessário que essa variação seja determinada para escolha de um limiar, usado na comparação de imagens como explicado na seção 4.2.4. Para isso, foram registradas dez imagens de profundidade de uma cena onde não houve mudanças. Para cada uma das imagens, foi calculada a diferença entre os valores de distância de pontos correspondentes entre as imagens para identificar as variações.

Após definição do limiar, um participante foi instruído a deitar no colchão e, em seguida, a realizar os seguintes procedimentos sequencialmente:

- movimentar apenas os membros superiores;
- movimentar apenas os membros inferiores;
- movimentar apenas a cabeça;
- mudar de posição de decúbito;
- permanecer na mesma posição sem movimentação.

Em cada uma dessas sequências, foram registrados imagens de profundidade que foram comparadas com a imagem obtida anteriormente. A partir das comparações, foram geradas imagens binárias para representar os pontos em que o SAPU identificou variações.

5.2 Resultados do experimento

A seguir são apresentados os resultados dos experimentos de cada método para estimativa da movimentação e posição de decúbito.

5.2.1 Resultados do experimento com o método de estimativa de posição de decúbito baseada em dados de posição

Inicialmente, enquanto os participantes estavam na posição decúbito dorsal horizontal, foi calculada a diferença em milímetros d_{ombros} a partir da diferença dos valores em relação ao eixo x dos dados de posição dos ombros, resultando nos valores:

- 330,79mm para o participante 1.
- 350,75mm para o participante 2.
- 354,98mm para o participante 3;

Após o cálculo de d_{ombros}, as posições seguintes assumidas pelos participantes foram estimadas pelo método para estimativa de posição de decúbito baseada em dados de posição. Foram realizados testes com diferentes valores de $fator$ para avaliação de desempenho cujos resultados são apresentados na tabela 4.

Tabela 4 – Resultados das estimativas de posição

Valor de $fator$	**estimativas corretas**	**estimativas incorretas**	erro
1	6	6	50%
0,95	11	1	8,33%
0,90	12	0	0%
0,85	12	0	0%
0,80	12	0	0%
0,75	12	0	0%
0,70	12	0	0%
0,65	12	0	0%
0,60	12	0	0%
0,55	11	1	8,33%
0,50	10	2	16,67%

5.2.2 Resultado do experimento com o método de estimativa da movimentação baseada em dados de posição

Na tabela 5, são apresentadas as variações máximas obtidas pelo cálculo das distâncias do conjunto de dados de posições de regiões do corpo que não apresentaram movimentos para cada participante. A variação máxima observada,

73,68mm, foi então utilizada como o limiar para os testes do método de estimativa da movimentação baseado em dados de posição.

A tabela 6 mostra para quais regiões do corpo o método identificou movimentação em comparação com aquelas que foram realmente movimentadas para cada sequência de ações realizadas por cada participante.

Tabela 5 – Variações de dados de posição em milímetros

Região do corpo	**Variação máxima (Participante 1)**	**Variação máxima (Participante 2)**	**Variação máxima (Participante 3)**
cabeça	67,05	70,2	59,41
tronco	45,09	38,71	51,67
ombro esquerdo	47,87	22,13	35,67
ombro direito	26,78	39,95	43,23
cotovelo esquerdo	58,66	73,86	49,76
cotovelo direito	72,14	42,53	38,67
mão direita	29,78	48,24	67,22
mão esquerda	39,67	26,32	51,43
quadril (parte esquerda)	64,12	71,63	61,98
quadril (parte direita)	56,99	72,61	68,42
joelho esquerdo	29,41	14,89	35,93
joelho direito	64,01	59,56	41,45
pé esquerdo	71,2	68,93	53,67
pé direito	59,42	61,54	51,78

Tabela 6 – Resultados da avaliação de movimentação

Regiões do corpo	**Regiões realmente movimentadas**	**Regiões que o método identificou movimentação (Participante 1)**	**Regiões que o método identificou movimentação (Participante 2)**	**Regiões que o método identificou movimentação (Participante 3)**
movimentação de membros superiores	mãos e cotovelos	mãos e cotovelos	mãos e cotovelos	mãos e cotovelos
movimentação dos membros inferiores	pés e joelhos	pés e joelhos	pés e joelhos	pés e joelhos
movimentação da cabeça	cabeça	nenhuma	nenhuma	nenhuma
troca de posição	todas as regiões do corpo	todas as regiões do corpo	todas as regiões do corpo	todas as regiões do corpo
nenhuma movimentação	nenhuma	nenhuma	nenhuma	nenhuma

5.2.3 Resultado do experimento com o método de estimativa de posição de decúbito por meio de classificação de imagens

Os resultados de desempenho obtidos pela validação-cruzada são mostrados na tabela 7. Dos testes realizados com valores de k, foi obtido um menor erro médio para os valores iguais a 1 e 3, no caso, 13,88%.

Tabela 7 – Desempenho do k-NN observado na validação cruzada para diferentes valores de k

valor de k	**erro**
1	13,88%
3	13,88%
5	30,55%
7	36,11%

A tabela 8 mostra a comparação das posições de decúbito previstas com as posições reais, utilizando um valor de k igual a 3. Nela é possível observar que, nos testes realizados, o k-NN classificou corretamente todas as imagens que mostram o decúbito lateral esquerdo e apresentou um único erro de classificação para as imagens que mostram o decúbito lateral direito e o decúbito ventral. Entretanto, o maior erro de classificação foi observado nas classificações de imagens que mostram o decúbito dorsal horizontal, onde três delas foram classificadas como decúbito ventral.

Tabela 8 – Matriz de erros do k-NN

		Posição de decúbito real			
		Decúbito Lateral Direito	Decúbito Lateral Esquerdo	Decúbito Ventral	Decúbito Dorsal Horizontal
Posição prevista	Decúbito Lateral Direito	8	0	0	0
	Decúbito Lateral Esquerdo	0	9	1	0
	Decúbito Ventral	0	0	8	3
	Decúbito Dorsal Horizontal	1	0	0	5

5.2.4 Resultados do experimento com o método de estimativa da movimentação por comparação de imagens de profundidade

Para alguns pontos, as variações dos valores de distâncias das imagens de profundidade foram maiores do que 2000mm. Por conta disso, utilizou-se como limiar para o método de estimativa de movimentação por comparação de imagens o desvio padrão dessas variações: 69,01mm.

Com a definição do limiar, foram realizadas as comparações das imagens de profundidade para cada ação executada pelo participante como apresentado

nas figuras 27, 28, 29, 30 e 31. Nelas são mostradas a imagem de profundidade registrada antes da ação, a imagem de profundidade registrada após a ação e a imagem binária resultado da comparação, onde os pontos em branco indicam pontos da imagem onde ocorreram variação.

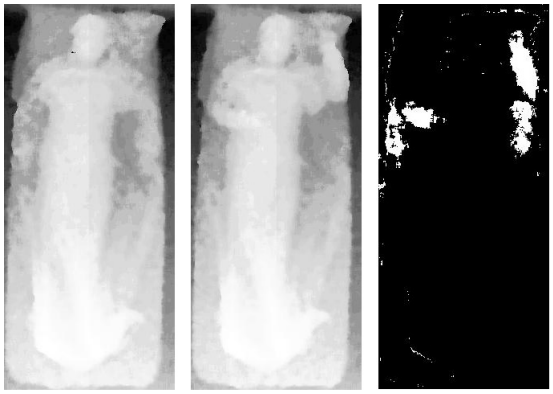

Figura 27 – Comparação de imagens após movimentação dos membros superiores

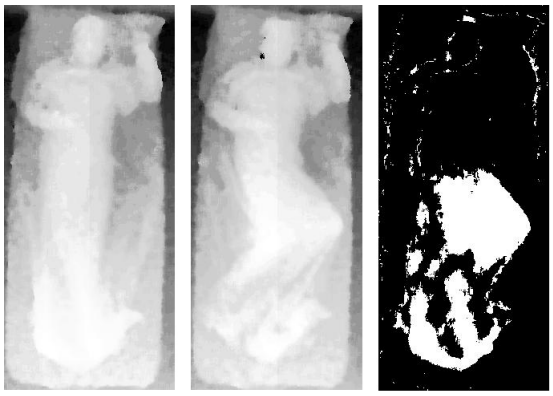

Figura 28 – Comparação de imagens após movimentação dos membros inferiores

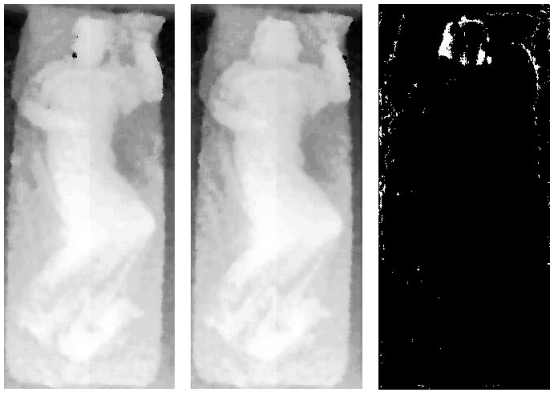

Figura 29 – Comparação de imagens após movimentação da cabeça

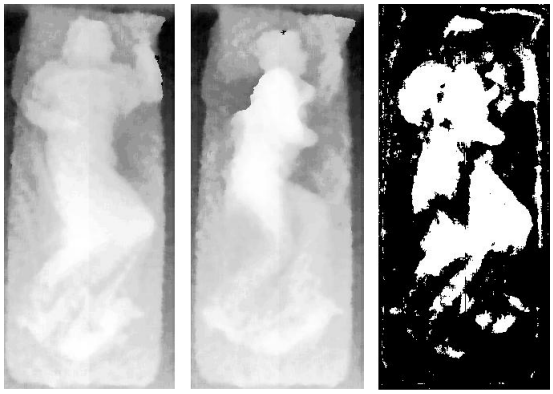

Figura 30 – Comparação de imagens após troca de posição de decúbito

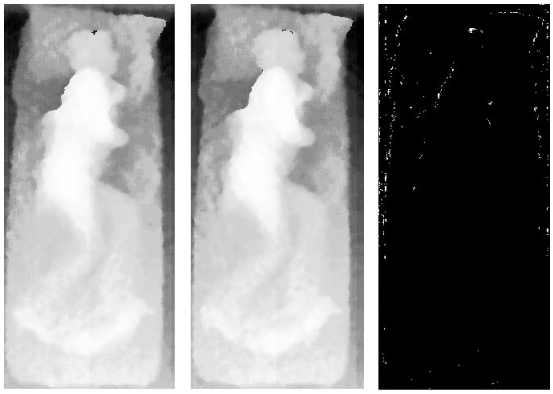

Figura 31 – Comparação de imagens quando não houve movimentação

5.3 Discussão dos resultados dos experimentos

Os resultados dos experimentos, apesar de serem preliminares, dão indícios de que os métodos propostos e implementados neste trabalho podem ser aplicados para as tarefas de estimativa de posições de decúbito e movimentação de pacientes acamados.

Ambos os métodos de estimativa de posição apresentaram bons resultados. O método de estimativa de posição de decúbito baseada em dados de posição apresentou uma boa performance para os valores de $fator$ no intervalo entre 0,90 e 0,6. Como esperado, para o valor total de d_{ombros}, quando $fator$ é igual à 1, o método apresentou uma alta taxa de erro, o que reforça a necessidade do uso de uma fração do valor de d_{ombros} para as comparações realizadas pelo algoritmo desse método.

Para os experimentos de estimativa de posição de decúbito por meio de classificação de imagens de profundidade, a menor taxa de erro apresentada pelo classificador foi de 13,88%, para os valores de k igual à 1 e igual à 3. Ainda assim, é necessário a realização de experimentos com um número maior de imagens para

verificar sua capacidade de generalização, ou seja, seu desempenho em classificar novas imagens. Como houve um número relativamente baixo de imagens para realização dos experimentos, o classificador fica suscetível às características específicas das imagens do experimento.

No caso dos experimentos com o método de estimativa da movimentação baseada em dados de posição, os resultados mostraram que o método foi capaz de identificar corretamente a maioria dos movimentos, com exceção dos movimentos da cabeça que tiveram um deslocamento pequeno e as distâncias das posições antes e após a movimentação acabaram ficando abaixo do limiar definido. Entretanto, o método não acusou movimentação em nenhuma região que permaneceu imóvel durante os testes. Essa é uma questão relevante, já que falsos indícios de movimentação podem indicar de maneira errada um menor risco de surgimento e UP. Os resultados do experimento dão evidências de que o método é capaz de identificar movimentos de regiões do corpo, com exceção de pequenas movimentações. Entretanto sua precisão depende do limiar escolhido que deve considerar possíveis variações entre dados de posição mesmo quando uma região do corpo está imóvel.

Os resultados do experimento com o método de estimativa de movimentação baseado na comparação de imagens mostraram que é possível identificar pontos na imagem onde ocorreram movimentações. As imagens binárias geradas nesse experimento, marcaram de forma correta os pontos em branco onde foram identificadas variações nas imagens. Entretanto, ele não indica se houve movimentação em regiões específicas do corpo. Mesmo assim, ainda é possível sua aplicação para sinalizar se houve ou não movimentação e avaliar o risco de surgimento de UP.

5.4 Limitações dos experimentos

Os resultados aqui apresentados, apesar de promissores, são indícios preliminares da viabilidade prática dos métodos para estimativa de posição de decúbito e movimentação. Eles foram realizados com um número limitado de participantes, 3 no caso. Como o intuito é a aplicação desses métodos para monitoramento de pacientes acamados, o ideal é que os participantes fossem pacientes e que os testes fossem realizados em um ambiente hospitalar.

Além disso, a configuração do ambiente como a posição do Kinect e do colchão influenciam diretamente nos resultados do experimento, mudanças nessa configuração podem gerar impactos nos resultados.

6 Conclusão

Neste trabalho, foi desenvolvido um sistema para apoio à prevenção de UP (SAPU) que realiza o monitoramento de posições de decúbito e movimentação de um paciente acamado sem a necessidade de contato do equipamento com o paciente. Todo o monitoramento é baseado em dados de posição de regiões do corpo e imagens de profundidade obtidos pelo sensor de movimentos Kinect.

A posição de decúbito do paciente é estimada pela comparação das posições dos ombros do paciente em leito e a estimativa da movimentação pela identificação de mudança de posições de regiões do corpo. Quando o paciente está coberto, entretanto, os dados de posição não estão disponíveis, pois a coberta dificulta a identificação da silhueta do corpo realizada pelo rastreamento do esqueleto. Nesse caso, a estimativa de posição é realizada por meio da classificação de imagens de profundidade. Para estimar a movimentação nesse cenário, o SAPU realiza a comparação de dados de posição para identificar possíveis movimentos.

Com base nos dados obtidos com o monitoramento, o SAPU provê em uma tela de acompanhamento: o risco calculado pela escala de Braden, posição de decúbito atual, histórico das últimas posições de decúbito, gráfico de intensidade de nível de movimentações por região do corpo, histórico da quantidade de movimentação por região do corpo e o gráfico de intensidade de variações de imagens. Além disso, o SAPU provê alertas que podem ser configurados pelos profissionais da saúde para informá-los de situações de risco (quando há pouca movimentação ou quando um paciente permanece em uma mesma posição por um longo período de tempo).

Foram realizados experimentos preliminares que apresentaram resultados iniciais a respeito do funcionamento dos métodos de estimativa de posição de

decúbito e movimentação propostos e desenvolvidos neste trabalho. Eles dão indícios da viabilidade prática de aplicação de tais métodos.

6.1 Contribuições

Este trabalho apresenta as seguintes contribuições para a prevenção da UP:

- Realização de uma revisão sistemática que apresentou o estado da arte de abordagens que utilizam software para prevenção de UP.
- Elaboração algoritmos para estimativa da posição de decúbito e movimentação do paciente a partir de dados providos pelo Kinect.
- A construção do sistema SAPU, que contribui para a prevenção da UP com:
  - monitoramento da posição de decúbito e movimentação de um paciente acamado por meio de uma forma alternativa às abordagens existentes com o uso de dados de posição e imagens de profundidade providos pelo Kinect.
  - Disponibilização da posição de decúbito atual e seu histórico, além da quantidade de movimentação por regiões do corpo.
  - Alertas configuráveis pelos profissionais da saúde para informá-los de situações de risco (quando há pouca movimentação ou quando um paciente permanece em uma mesma posição por um longo período de tempo).

6.2 Divulgação de resultados

Para divulgação dos resultados dessa pesquisa, um artigo com o título de *Approaches that use software to support the prevention of pressure ulcer: A systematic review*, que uma revisão sistemática de abordagens relacionadas para prevenção

de UP foi aceito para publicação no *International journal of Medical Informatics*. Ele está disponível online no seguinte endereço: http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2015.05.013. Atualmente, um segundo artigo que descreve o sistema SAPU está em fase de elaboração para submissão.

6.3 Trabalhos futuros

Uma das principais contribuições do SAPU é a provisão da quantidade de movimentações por região do corpo. Porém, essa informação é derivada da comparação de dados de posição e só é disponibilizada durante o monitoramento de pacientes descobertos. Em trabalhos futuros, pretende-se desenvolver um novo método de estimativa de movimentação para o cenário de monitoramento de pacientes cobertos que também seja capaz de estimar em quais regiões do corpo ocorreram movimentações a partir da extração de características das imagens de profundidade.

Em trabalhos futuros, planeja-se a realização de um experimento piloto com pacientes reais a fim de verificar as adaptações necessárias para um experimento mais amplo para validar plenamente o sistema.

Referências[1]

ADRIANA, M. et al. Avaliação dos pacientes portadores de lesão por pressão internados em hospital geral. *Rev Assoc Med Bras*, SciELO Brasil, v. 53, n. 4, p. 300–4, 2007. Citado na página 23.

AKBARI, H.; HERAVI, M. Y. Designing and constructing blood flow monitoring system to predict pressure ulcers on heel. *Journal of Biomedical Physics & Engineering*, Shiraz University Medical School, v. 4, n. 2, p. 61, 2014. Citado 4 vezes nas páginas 38, 106, 112 e 117.

BABBS, C. F. et al. A pressure-sensitive mat for measuring contact pressure distributions of patients lying on hospital beds. *Biomedical instrumentation & technology/Association for the Advancement of Medical Instrumentation*, v. 24, n. 5, p. 363–370, 1989. Citado 5 vezes nas páginas 37, 39, 96, 107 e 113.

BENNETT, G.; DEALEY, C.; POSNETT, J. The cost of pressure ulcers in the uk. *Age and ageing*, Br Geriatrics Soc, v. 33, n. 3, p. 230–235, 2004. Citado na página 16.

BOISSY, P. et al. Carbon nanotubes (cnts) based strain sensors for a wearable monitoring and biofeedback system for pressure ulcer prevention and rehabilitation. In: IEEE. *Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE*. [S.l.], 2011. p. 5824–5827. Citado 5 vezes nas páginas 37, 40, 101, 110 e 115.

BRADEN, B.; BERGSTROM, N. A conceptual schema for the study of the etiology of pressure sores. *Rehabilitation Nursing*, Wiley Online Library, v. 12, n. 1, p. 8–16, 1987. Citado na página 23.

BREM, H. et al. High cost of stage iv pressure ulcers. *The American Journal of Surgery*, Elsevier, v. 200, n. 4, p. 473–477, 2010. Nenhuma citação no texto.

CHANG, W.-Y. et al. An enhanced sensing application based on a flexible projected capacitive-sensing mattress. *Sensors*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 14, n. 4, p. 6922–6937, 2014. Citado 5 vezes nas páginas 37, 42, 106, 112 e 117.

CHEN, C.-F. et al. Design and clinical evaluation for patient status monitoring system of air-mattress. *Biomedical Engineering: Applications, Basis and Communications*, v. 20, p. 387, 2008. Citado 8 vezes nas páginas 37, 38, 39, 40, 41, 98, 108 e 114.

[1] De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

CHIOU, Y.-S.; CHUNG, K.-C.; HOU, C.-R. A multi-channel microprocessor system for interface pressure, temperature and humidity measurement. *Chinese Journal of Medical and Biological Engineering*, v. 19, p. 169–178, 1999. Citado 5 vezes nas páginas 37, 38, 97, 108 e 113.

CHUNG, P. et al. Fabric-based pressure sensor array for decubitus ulcer monitoring. In: IEEE. *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2013 35th Annual International Conference of the IEEE*. [S.l.], 2013. p. 6506–6509. Citado 6 vezes nas páginas 37, 39, 42, 105, 111 e 116.

DANIEL, R. K.; WHEATLEY, D.; PRIEST, D. Pressure sores and paraplegia: an experimental model. *Annals of plastic surgery*, LWW, v. 15, n. 1, p. 41–49, 1985. Citado na página 22.

DOBBINS, C. et al. Remotely monitoring and preventing the development of pressure ulcers with the aid of human digital memories. In: IEEE. *Communications (ICC), 2012 IEEE International Conference on*. [S.l.], 2012. p. 6101–6105. Citado 3 vezes nas páginas 104, 111 e 116.

EK, A.-C. *Pressure Sores, a Problem in Nursing Care: A Study of Skin Blood Flow, Risk Factors, Prevalence, Prevention and Treatment in Long-term Care Patients*. [S.l.]: Clinical Research Center and the Department of Preventive and Social Medicine, Linköping University, 1985. Citado na página 23.

ELFEHRI, J. et al. Novel approach of ulcer prevention based on pressure distribution control algorithm. In: IEEE. *Mechatronics and Automation (ICMA), 2011 International Conference on*. [S.l.], 2011. p. 265–270. Citado 6 vezes nas páginas 37, 41, 42, 102, 110 e 115.

EUROPEAN PRESSURE ULCER ADVISORY PANEL. *Pressure Ulcer Prevention Quick Reference Guide [Online]*. 2013. http://www.epuap.org/guidelines/. Acessado em: 02-12-2013. Citado 4 vezes nas páginas 15, 20, 21 e 25.

FARD, F. D.; MOGHIMI, S.; LOTFI, R. Pressure ulcer risk assessment by monitoring interface pressure and temperature. In: IEEE. *Electrical Engineering (ICEE), 2013 21st Iranian Conference on*. [S.l.], 2013. p. 1–5. Citado 6 vezes nas páginas 37, 38, 39, 105, 111 e 116.

FARSHBAF, M. et al. Pressure ulcer monitoring and intervention: A software platform. In: IEEE. *Bioinformatics and Biomedicine Workshops (BIBMW), 2011 IEEE International Conference on*. [S.l.], 2011. p. 897–898. Citado 5 vezes nas páginas 37, 40, 102, 110 e 115.

FERNANDES, L. M. *Úlcera de pressão em pacientes críticos hospitalizados. Uma revisão integrativa da literatura*. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, 2000. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 23.

FULTON, W.; LIPCZYNSKI, R. Body-support pressure measurement using electrical impedance tomography. In: IEEE. *Engineering in Medicine and Biology Society, 1993. Proceedings of the 15th Annual International Conference of the IEEE*. [S.l.], 1993. p. 98–99. Citado 5 vezes nas páginas 37, 39, 96, 107 e 113.

HONG KONG DEPARTMENT OF HEALTH. *Pressure Ulcer Prevention*. 2013. http://www.jgh.ca/en/qiPressureUlcerPrevention?mid=ctl00_LeftMenu_ctl00_TheMenu-menuItem008. Acessado em: 14-11-2013. Citado na página 22.

HSIA, C. et al. Analysis and comparison of sleeping posture classification methods using pressure sensitive bed system. In: IEEE. *Engineering in Medicine and Biology Society, 2009. EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE*. [S.l.], 2009. p. 6131–6134. Citado 4 vezes nas páginas 37, 99, 109 e 114.

JAICHANDAR, K. et al. A semi autonomous control and monitoring system for bed sores prevention. In: *Proceedings of the 1st International Convention on Rehabilitation Engineering & Assistive Technology: In Conjunction with 1st Tan Tock Seng Hospital Neurorehabilitation Meeting*. New York, NY, USA: ACM, 2007. (i-CREATe '07), p. 245–248. ISBN 978-1-59593-852-7. Citado 6 vezes nas páginas 38, 41, 98, 100, 108 e 114.

JAICHANDAR, K.; GARCIA, E. A. M. Intelli-sense bed patient movement sensing and anti-sweating system for bed sore prevention in a clinical environment. In: IEEE. *Information, Communications and Signal Processing (ICICS) 2011 8th International Conference on*. [S.l.], 2011. p. 1–5. Citado 8 vezes nas páginas 37, 38, 40, 41, 42, 103, 111 e 116.

JAICHANDAR, K. et al. An intelligent FPGA based anti-sweating system for bed sore prevention in a clinical environment. *Applied Bionics and Biomechanics*, IOS Press, v. 8, n. 3, p. 361–365, 2011. Citado 5 vezes nas páginas 38, 41, 100, 109 e 115.

KEELE, S. *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering*. [S.l.], 2007. Citado na página 18.

KITTIPANYA-NGAM, P.; GUAT, O. S.; LUNG, E. H. Computer vision applications for patients monitoring system. In: IEEE. *Information Fusion (FUSION), 2012 15th International Conference on*. [S.l.], 2012. p. 2201–2208. Citado 7 vezes nas páginas 38, 41, 42, 43, 103, 111 e 116.

LIU, J. J. et al. Sleep posture analysis using a dense pressure sensitive bedsheet. *Pervasive and Mobile Computing*, Elsevier, v. 10, p. 34–50, 2014. Citado 6 vezes nas páginas 37, 40, 42, 105, 112 e 117.

LOWNE, D. R.; TARLER, M. Designing a low-cost mattress sensor for automated body position classification. In: IEEE. *Engineering in Medicine and Biology Society, 2005. IEEE-EMBS 2005. 27th Annual International Conference of the*. [S.l.], 2005. p. 6437–6440. Citado 5 vezes nas páginas 37, 42, 97, 108 e 114.

MAKLEBUST, J. Pressure ulcers: etiology and prevention. *The Nursing clinics of North America*, v. 22, n. 2, p. 359–377, 1987. Citado na página 15.

MANOHAR, A.; BHATIA, D. Pressure detection and wireless interface for patient bed. In: IEEE. *Biomedical Circuits and Systems Conference, 2008. BioCAS 2008. IEEE*. [S.l.], 2008. p. 389–392. Citado 5 vezes nas páginas 37, 39, 99, 111 e 114.

MICROSOFT. *Kinect for Windows Sensor Components and Specifications*. 2013. http://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj131033.aspx. Acessado em: 20-11-2013. Citado 3 vezes nas páginas 25, 26 e 27.

MITCHELL, T. M. *Machine Learning*. 1. ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, Inc., 1997. ISBN 0070428077, 9780070428072. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 31.

MOON, I. et al. Control of air-cell mattress for preventing pressure ulcer based on approximate anthropometric model. In: IEEE. *Rehabilitation Robotics, 2005. ICORR 2005. 9th International Conference on*. [S.l.], 2005. p. 164–167. Citado 5 vezes nas páginas 37, 41, 97, 108 e 113.

MUKAI, K. et al. Physiological and care monitoring of anti-decubitus mattress patients. *Biomedical sciences instrumentation*, v. 46, p. 87–93, 2009. Citado 3 vezes nas páginas 99, 109 e 114.

MYERS, D. R.; DUNCAN, J. Computer-controller, air-modulated matttress for the prevention of decubiti. In: IEEE. *Engineering in Medicine and Biology Society, 1991. Vol. 13: 1991., Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE*. [S.l.], 1991. p. 1932–1933. Citado 3 vezes nas páginas 96, 107 e 113.

NORTON, D.; MCLAREN, R.; EXTON-SMITH, A. N. *An investigation of geriatric nursing problems in hospital*. [S.l.]: Churchill Livingstone, 1962. Citado na página 23.

OPENNI. 2013. http://www.openni.org/. Acessado em: 23-08-2013. Citado na página 28.

OSTADABBAS, S. et al. Pressure ulcer prevention: An efficient turning schedule for bed-bound patients. In: IEEE. *Life Science Systems and Applications Workshop (LiSSA), 2011 IEEE/NIH*. [S.l.], 2011. p. 159–162. Citado 5 vezes nas páginas 37, 40, 102, 110 e 115.

OSTADABBAS, S. et al. A posture scheduling algorithm using constrained shortest path to prevent pressure ulcers. In: IEEE. *Bioinformatics and Biomedicine (BIBM), 2011 IEEE International Conference on*. [S.l.], 2011. p. 327–332. Citado 5 vezes nas páginas 37, 40, 100, 109 e 115.

OSTADABBAS, S. et al. A resource-efficient planning for pressure ulcer prevention. *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on*, IEEE, v. 16, n. 6, p. 1265–1273, 2012. Citado 5 vezes nas páginas 37, 40, 104, 109 e 116.

PEREIRA, T. et al. Textile moisture sensor matrix for monitoring of disabled and bed-rest patients. In: IEEE. *EUROCON-International Conference on Computer as a Tool (EUROCON), 2011 IEEE*. [S.l.], 2011. p. 1–4. Citado 5 vezes nas páginas 38, 39, 102, 110 e 115.

PRIMESENSE. 2013. http://www.primesense.com/nite. Acessado em: 27-09-2013. Citado 2 vezes nas páginas 28 e 29.

SMELTZER, S. C. Is that information safe for patient care? *Nursing2014*, LWW, v. 35, n. 1, p. 54–55, 2005. Citado na página 23.

TAMURA, T.; ZHOU, J.; TOGAWA, T. Temperature monitoring for prevention of pressure sores. *Sensors and Actuators A: Physical*, Elsevier, v. 22, n. 1, p. 660–662, 1989. Citado 5 vezes nas páginas 38, 39, 96, 107 e 113.

VUILLERME, N. et al. Pressure sensor-based tongue-placed electrotactile biofeedback for balance improvement-biomedical application to prevent pressure sores formation and falls. In: IEEE. *Engineering in Medicine and Biology Society, 2007. EMBS 2007. 29th Annual International Conference of the IEEE*. [S.l.], 2007. p. 6113–6116. Citado 5 vezes nas páginas 37, 39, 98, 108 e 114.

WAI, A. A. P. et al. Lying posture classification for pressure ulcer prevention. *Journal of Healthcare Engineering*, Multi-Science, v. 1, n. 2, p. 217–238, 2010. Citado 5 vezes nas páginas 37, 40, 100, 109 e 115.

WANG, F. et al. A wireless biomedical instrument for evidence-based tissue wound characterization. In: *Wireless Health 2010*. New York, NY, USA: ACM, 2010. (WH '10), p. 222–223. ISBN 978-1-60558-989-3. Citado 7 vezes nas páginas 37, 38, 39, 40, 99, 109 e 114.

WANG, T.-Y. et al. The development of an intelligent monitoring and caution system for pressure ulcer prevention. In: IEEE. *Machine Learning and Cybernetics (ICMLC), 2011 International Conference on*. [S.l.], 2011. v. 2, p. 566–571. Citado 7 vezes nas páginas 37, 40, 41, 42, 103, 110 e 116.

WANG, T.-Y. et al. A zigbee-based wireless monitoring and automatic information pushing and caution system for pressure ulcer prevention. *Journal of the Chinese Society of Mechanical Engineers*, v. 32, n. 3, p. 243–255, 2011. Citado 6 vezes nas páginas 37, 40, 41, 103, 111 e 116.

WATERLOW, J. Pressure sores: a risk assessment card. *Nursing times*, v. 81, n. 48, p. 49–55, 1984. Citado na página 23.

WILLIAMS, G.; SPICER, L.; DOUGHTY, K. A remote electronic monitoring system for the prevention of pressure sores. In: IEEE. *Engineering in Medicine and Biology Society, 1997. Proceedings of the 19th Annual International Conference of the IEEE*. [S.l.], 1997. p. 1076–1079. Citado 6 vezes nas páginas 37, 40, 41, 97, 107 e 113.

YIP, M. et al. A flexible pressure monitoring system for pressure ulcer prevention. In: *Engineering in Medicine and Biology Society, 2009. EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE*. [S.l.: s.n.], 2009. p. 1212–1215. ISSN 1557-170X. Citado 6 vezes nas páginas 37, 40, 42, 99, 108 e 114.

YOUSEFI, R. et al. Bed posture classification for pressure ulcer prevention. In: IEEE. *Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE*. [S.l.], 2011. p. 7175–7178. Citado 5 vezes nas páginas 37, 40, 101, 110 e 115.

YOUSEFI, R. et al. A smart bed platform for monitoring & ulcer prevention. In: IEEE. *Biomedical Engineering and Informatics (BMEI), 2011 4th International Conference on*. [S.l.], 2011. v. 3, p. 1362–1366. Citado 6 vezes nas páginas 37, 40, 41, 101, 109 e 115.

ZAMBONI, A. et al. Start: Uma ferramenta computacional de apoio à revisão sistemática. In: *Proc.: Congresso Brasileiro de Software (CBSoft'10), Salvador, Brazil*. [S.l.: s.n.], 2010. Citado na página 18.

Apêndice A – Dados extraídos dos artigos selecionados na revisão sistemática

Tabela 9 – Dados da extração - resumo e informações de publicação

Autores	**Título**	**Resumo**
Tamura, Zhou e Togawa (1989)	Temperature monitoring for prevention of pressure sores	O artigo apresenta um sistema composto por 16 sensores de temperatura instalados no colchão para monitorar a temperatura do corpo do paciente. Os sensores estão ligados a um microcontrolador para receber, processar e exibir os dados de temperatura em um monitor de computador.
Babbs et al. (1989)	A pressure-sensitive mat for measuring contact pressure distributions of patients lying on hospital beds	Um sistema que proporciona a distribuição de pressão pelo corpo do paciente em um monitor de computador é apresentado. O sistema é composto por um colchão com sensores de pressão ligados a um computador que exibe a quantidade de pressão nas regiões do colchão.
Myers e Duncan (1991)	Computer-controller, air-modulated mattress for the prevention of decubiti	O artigo apresenta um protótipo de um colchão composto por células de ar pressurizadas e gerenciadas por um microcontrolador capaz de modificar a pressurização em cada célula.
Fulton e Lipczynski (1993)	Body-support pressure measurement using electrical impedance tomography	O artigo apresenta um sistema para medir a distribuição da pressão do corpo de um paciente sobre a superfície do colchão por uma esteira composta por um conjunto de sensores de pressão sensíveis.

Williams, Spicer e Doughty (1997)	A remote electronic monitoring system for the prevention of pressure sores	Um sistema para a monitorar a posição do corpo do paciente na cama é apresentado. Ele é constituído por um colete que tem quatro bobinas sensoriais (uma para cada lado do corpo) e uma bobina principal instalada sob o colchão. Com base na comunicação entre as bobinas, a posição do paciente é estimada.
Chiou, Chung e Hou (1999)	A multi-channel microprocessor system for interface pressure, temperature and humidity measurement	O trabalho apresenta um sistema composto por sensores instalados sobre uma cama e ligados a um microprocessador capaz de medir a pressão, temperatura e umidade de pacientes acamados.
Moon et al. (2005)	Control of air-cell mattress for preventing pressure ulcer based on approximate anthropometric model	O artigo apresenta um colchão formado por 18 células de ar onde a pressão é personalizada de acordo com o peso corporal. As células de ar são feitas de material poroso, de modo que o ar possa passar através deles para regular a temperatura do corpo.
Lowne e Tarler (2005)	Designing a Low-Cost Mattress Sensor for Automated Body Position Classification	O trabalho apresenta o projeto de um sistema que utiliza sensores de pressão de baixo custo capaz de estimar a posicão do paciente acamado por meio de redes neurais.

Jaichandar et al. (2007)	A semi autonomous control and monitoring system for bed sores prevention	O artigo apresenta um sistema para a prevenção de úlceras por pressão que realiza o controle da temperatura do corpo do paciente por meio de um módulo de ventilação embutido no colchão. Esse módulo é controlado por um microcontrolador, que monitora a temperatura da superfície do colchão por meio de sensores e liga o módulo de ventilação quando o nível da temperatura ultrapassa um certo limiar.
Vuillerme et al. (2007)	Pressure sensor-based tongue-placed electrotactile biofeedback for balance improvement - Biomedical application to prevent pressure sores formation and falls	O artigo apresenta um sistema composto por sensores eletrotácteis que em contato com os receptores da língua geram sinais elétricos que permitem a identificação da intensidade e distribuição da pressão no corpo do paciente.
Chen et al. (2008)	Design and clinical evaluation for patient status monitoring system of air-mattress	O artigo apresenta um sistema composto por sensores de umidade, temperatura e pressão conectados a um computador. Os dados gerados por cada sensor são armazenados e utilizados para gerar gráficos de intensidade de temperatura, umidade e pressão. O sistema pode ser configurado para ativação de alarmes caso os níveis de temperatura, umidade ou pressão ultrapassem um limiar pré-definido.

Manohar e Bhatia (2008)	Pressure detection and wireless interface for patient bed	O artigo apresenta um sistema composto por um conjuntos de sensores instalados em um colchão que são conectados a um microcontrolador para enviar dados a um computador.
Yip et al. (2009)	A flexible pressure monitoring system for pressure ulcer prevention	O artigo apresenta um sistema composto por uma manta de *nylon* composta por sensores de pressão para medir a magnitude, local e duração de pontos de pressão.
Hsia et al. (2009)	Analysis and comparison of sleeping posture classification methods using pressure sensitive bed system	O artigo apresenta um sistema que monitora a posição de decúbito de um paciente. O sistema é composto por sensores instalados na cama e conectados a um computador que recebe os dados dos sensores e utiliza classificadores para realizar a estimativa da posição de decúbito.
Mukai et al. (2009)	Physiological and care monitoring of anti-decubitus mattress patients	O artigo apresenta um sistema composto por tubos de polivinil instalados em um colchão cuja pressurização pode ser mudada para redistribuir a pressão em regiões do corpo do paciente.
Wang et al. (2010)	A Wireless Biomedical Instrument for Evidence-Based Tissue Wound Characterization	O artigo apresenta um sistema que mede a umidade e a pressão ao longo de um colchão e disponibiliza tais informações para profissionais de saúde por meio de uma aplicação *web*.

Wai et al. (2010)	Lying posture classification for pressure ulcer prevention	O artigo apresenta um sistema para estimativa da posição de decúbito de pacientes por meio de classificadores que utilizam dados de sensores de pressão instalados no colchão.
Jaichandar et al. (2011)	An intelligent FPGA based anti-sweating system for bed sore prevention in a clinical environment	O artigo apresenta uma melhoria do que foi apresentado por (JAICHANDAR et al., 2007) propondo a troca do microcontrolador por um *Field Programmable Gate Array* (FPGA). O FGPA é mais flexível e possui um menor tamanho do que o microcontrolador.
Ostadabbas et al. (2011b)	A Posture Scheduling Algorithm Using Constrained Shortest Path to Prevent Pressure Ulcers	O artigo apresenta um algoritmo para gerar uma agenda de troca de posição de decúbito baseada em duas métricas: estresse e esforço para troca de posição. Estresse é definido como os efeitos do excesso de pressão em uma região do corpo. Baseado no monitoramento de regiões do corpo do paciente sob pressão e no esforço para troca de posição, o algoritmo gera uma agenda para otimização da troca de posição de decúbito.

Yousefi et al. (2011b)	A smart bed platform for monitoring & ulcer prevention	O aritgo apresenta uma plataforma para prevenção de úlceras por pressão. A plataforma é composta por sensores distriuídos ao longo de uma cama para coletar dados de pontos sob pressão para determinar o nível de umidade, a temperatura ao longo da cama e estimar a posição de decúbito do paciente.
Yousefi et al. (2011a)	Bed posture classification for pressure ulcer prevention	O artigo apresenta um sistema para estimar a posição de decúbito do paciente. Por meio de sensores de pressão instalados na cama, imagens de intensidade da pressão são geradas e usadas por um classificador para estimar a posição de decúbito.
Boissy et al. (2011)	Carbon nanotubes (CNTs) based strain sensors for a wearable monitoring and biofeedback system for pressure ulcer prevention and rehabilitation	O artigo apresenta um sistema composto por um conjunto de nanotubos de carbono que são resistentes e capazes de identificar a pressão sobre eles por meio de sensores. Os nanotubos enviam os dados de pressão para uma plataforma de coleta de dados que provê *feedback* clínico para os profissionais de saúde.

Elfehri et al. (2011)	Novel approach of ulcer prevention based on pressure distribution control algorithm	O artigo apresenta um algoritmo capaz de verificar a distribuição de pressão ao longo de um colchão e realizar a sua redistribuição de maneira automatizada por meio de um colchão composto por células móveis. Cada célula é composta de sensores de pressão e sua pressurização pode ser regulada de maneira que o conjunto de células possa alternar as regiões do corpo sob pressão.
Farshbaf et al. (2011)	Pressure ulcer monitoring and intervention: A software platform	O artigo apresenta um software composto por um módulo com sensores de pressão que estima a posição de decúbito com base na distribuição da pressão ao longo dos sensores.
Ostadabbas et al. (2011a)	Pressure ulcer prevention: An efficient turning schedule for bedbound patients	O artigo apresenta um algortimo de agendamento para troca de posição de decúbito. Com base nos dados de intensidade de pressão de sensores por pressão, o algoritmo sugere a próxima posição de maneira a otimizar a redistribuição da pressão.
Pereira et al. (2011)	Textile moisture sensor matrix for monitoring of disabled and bedrest patients	O artigo apresenta um manta composta de sensores de umidade capazes de identificar o nível de umidade. Esses sensores são integrados a um software que mostra um gráfico de intensidade dos pontos úmidos.

Wang et al. (2011a)	The development of an intelligent monitoring and caution system for pressure ulcer prevention	O artigo apresenta um sistema composto de sensores de pressão que transmitem dados para um estação central que disponibiliza os pontos sob pressão na cama. Caso um ponto continue sobre pressão por muito tempo, um alerta é acionado.
Jaichandar e Garcia (2011)	Intelli-sense bed patient movement sensing and anti-sweating system for bed sore prevention in a clinical environment	O artigo apresenta um sistema composto por sensores de temperaturas instaladas em um colchão para monitoramento de temperatura do paciente. Os sensores são integrados a um microcontrolador que regula o fluxo de ar em tubos localizados abaixo do colchão para controle da temperatura do paciente.
Wang et al. (2011b)	A ZigBee-based wireless monitoring and automatic information pushing and caution system for pressure ulcer prevention	O artigo apresenta um sistema composto por sensores de pressão sem fio. Baseado nos dados de pressão, a posição do paciente é estimada por meio de classificadores.
Kittipanya-Ngam, Guat e Lung (2012)	Computer Vision Applications for Patients Monitoring System	Apresenta um sistema que utiliza câmeras para captura de imagens do ambiente e por meio da comparação entre frames verifica se o paciente não se movimentou, e, nesse caso, emite um alerta.

Ostadabbas et al. (2012)	A Resource-Efficient Planning for Pressure Ulcer Prevention	O artigo apresenta um algoritmo que utiliza os dados obtidos por sensores de pressão instalados na cama para monitorar as posições de decúbito do paciente. Por meio desse monitoramento, o algoritmo determina uma agenda de troca de posições otimizada levado em conta o esforço do profissional de saúde para o reposicionamento e a redistribuição de pressão ao longo do corpo do paciente.
Dobbins et al. (2012)	Remotely monitoring and preventing the development of pressure ulcers with the aid of human digital memories	O artigo propõe o uso de memórias humanas digitais para monitoramento de pacientes. Memórias humanas digitais são um conjunto de dados digitais de uma pessoa, por exemplo, fotos e dados sobre suas atividades ao longo do dia. Como um complemento para determinar as atividades do paciente no decorrer do dia, ele precisa levar um smartphone ligado ao pescoço para que fotos sejam constantemente tiradas pela aplicação DigMem, apresentada no artigo.

Fard, Moghimi e Lotfi (2013)	Pressure ulcer risk assessment by monitoring interface pressure and temperature	O artigo apresenta um sistema para monitoramento da temperatura e da pressão entre o colchão e o corpo do paciente para prevenir a úlcera por pressão. Ele é composto por sensores de temperatura e sensores de pressão instalados numa capa que cobre o colchão. A capa está ligada a um computador através de um cabo USB que recebe dados através dos sensores e exibe mapas de intensidade de pressão e de temperatura.
Chung et al. (2013)	Fabric-based pressure sensor array for decubitus ulcer monitoring	O trabalho apresenta um manto constituído de sensores de pressão conectados a um microcontrolador. No artigo, um *tablet* é utilizado para receber dados do microcontrolador através de bluetooth e apresentar um mapa da intensidade da pressão ao longo do manto.
Liu et al. (2014)	Sleep posture analysis using a dense pressure sensitive bedsheet	O artigo apresenta um manto composto por um material confortável e sensores de pressão. Por meio de *framework* usado em conjunto com o manto, a posição de decúbito é estimada baseada nos dados recebidos dos sensores.

Chang et al. (2014)	An enhanced sensing application based on a flexible projected capacitive-sensing mattress	Um sistema composto de um colchão de sensoriamento flexível capaz de medir a distribuição de pressão é apresentado. O sistema apresenta um mapa de intensidade com base nos dados de pressão que pode ser utilizado pelos profissionais de saúde para determinar a posição de pacientes na cama.
Akbari e Heravi (2014)	Designing and constructing blood flow monitoring system to predict pressure ulcers on heel	O artigo apresenta um sistema composto de 3 transmissores infravermelhos para medir o fluxo sanguíneo do calcanhar.

Tabela 10 – Dados da extração - tecnologias, relatórios e fatores de risco

Referência do artigo	**Fatores de risco considerados**	**Principais tecnologias utilizadas para monitoramento**	**Relatórios fornecidos**	**Alertas de risco**	**Fator de risco automaticamente gerenciados**
Tamura, Zhou e Togawa (1989)	temperatura	sensores de temperatura	temperatura ao longo do tempo	nenhum	nenhum
Babbs et al. (1989)	pressão	sensores de pressão	mapa de intensidade de pressão	nenhum	nenhum
Myers e Duncan (1991)	pressão	nenhum	nenhum	nenhum	nenhum
Fulton e Lipczynski (1993)	pressão	sensores de pressão	mapa de intensidade de pressão	nenhum	nenhum
Williams, Spicer e Doughty (1997)	pressão	bobinas sensoriais	posição de decúbito ao longo do tempo	alarme sonoro e luminoso	nenhum

Chiou, Chung e Hou (1999)	pressão temperatura umidade	sensores de pressão sensores de temperatura sensores de umidade	nenhum	nenhum	nenhum
Moon et al. (2005)	pressão e temperatura	sensores de pressão	nenhum	nenhum	temperatura
Lowne e Tarler (2005)	pressão	sensores de pressão	nenhum	nenhum	nenhum
Jaichandar et al. (2007)	temperatura	sensores de temperatura	nenhum	alarme sonoro e luminoso	temperatura
Vuillerme et al. (2007)	pressão	sensores eletrotácteis	mapa de intensidade de pressão	nenhum	nenhum
Chen et al. (2008)	pressão, umidade e temperatura	sensores de temperatura sensores de pressão sensores de umidade	pressão, temperatura e umidade do corpo ao longo do tempo	alarme sonoro e luminoso	nenhum
Yip et al. (2009)	pressão	sensores de pressão	pressão ao longo do tempo	nenhum	nenhum

Hsia et al. (2009)	pressão	sensores de pressão	nenhum	nenhum	nenhum
Wang et al. (2010)	pressão e umidade	sensores de umidade sensores de pressão	mapa de intensidade de pressão umidade ao longo do tempo	nenhum	nenhum
Wai et al. (2010)	pressão	sensores de pressão	posição de decúbito ao longo do tempo	nenhum	nenhum
Mukai et al. (2009)	pressão	tubos de polivinil	nenhum	nenhum	nenhum
Jaichandar et al. (2011)	temperatura	sensores de temperatura	nenhum	alarme sonoro e luminoso	temperatura
Ostadabbas et al. (2011b)	pressão	sensores de pressão	posição de decúbito ao longo do tempo	nenhum	nenhum
Ostadabbas et al. (2012)	pressão	sensores de pressão	posição de decúbito ao longo do tempo	nenhum	nenhum
Yousefi et al. (2011b)	pressão, umidade e temperatura	sensores de pressão	posição de decúbito ao longo do tempo	nenhum	pressão

Yousefi et al. (2011a)	pressão	sensores de pressão	posição de decúbito ao longo do tempo	nenhum	nenhum
Boissy et al. (2011)	pressão	sensores de pressão	pressão ao longo do tempo	nenhum	nenhum
Elfehri et al. (2011)	pressão	sensores de pressão	nenhum	nenhum	pressão
Farshbaf et al. (2011)	pressão	sensores de pressão	posição de decúbito ao longo do tempo	nenhum	nenhum
Ostadabbas et al. (2011a)	pressão	sensores de pressão	posição de decúbito ao longo do tempo	nenhum	nenhum
Pereira et al. (2011)	umidade	sensores de umidade	mapa de intensidade de umidade	nenhum	nenhum
Wang et al. (2011a)	pressão	sensores de pressão	posição de decúbito ao longo do tempo	Text Message	nenhum

Jaichandar e Garcia (2011)	pressão e temperatura	sensores de pressão sensores de temperatura	pressão ao longo do tempo	alarme sonoro e luminoso	temperatura
Wang et al. (2011b)	pressão	sensores de pressão	posição de decúbito ao longo do tempo	alerta sonoro	nenhum
Dobbins et al. (2012)	pressão	position sensors	-	nenhum	nenhum
Kittipanya-Ngam, Guat e Lung (2012)	pressão	câmeras	-	nenhum	nenhum
Fard, Moghimi e Lotfi (2013)	pressão e temperatura	sensores de pressão sensores de temperatura	mapa de intensidade de pressão mapa de intensidade de temperatura	nenhum	nenhum
Chung et al. (2013)	pressão	sensores de pressão	mapa de intensidade de pressão	nenhum	nenhum
Manohar e Bhatia (2008)	pressão	sensores de pressão	mapa de intensidade de pressão	nenhum	nenhum

Liu et al. (2014)	pressão	sensores de pressão	posição de decúbito ao longo do tempo	nenhum	nenhum
Chang et al. (2014)	pressão	sensores de pressão	mapa de intensidade de pressão	nenhum	nenhum
Akbari e Heravi (2014)	fluxo sanguíneo	transmissores infravermelhos	nenhum	nenhum	nenhum

Tabela 11 – Dados da extração - informações relevantes para aplicação da proposta

Referência do artigo	**O comforto do paciente foi considerado?**	**A higienização do equipamento de monitoramento foi considerada?**	**Custo da abordagem**
Tamura, Zhou e Togawa (1989)	Não	Não	Não foi discutido
Babbs et al. (1989)	Não	Não	Não foi discutido
Myers e Duncan (1991)	Não	Não	Não foi discutido
Fulton e Lipczynski (1993)	Não	Não	Não foi discutido
Williams, Spicer e Doughty (1997)	Não	Não	Não foi discutido
Chiou, Chung e Hou (1999)	Não	Não	Não foi discutido
Moon et al. (2005)	Não	Não foi discutido	

Lowne e Tarler (2005)	Não	Não	Faz uso de sensores de baixo custo.
Jaichandar et al. (2007)	Não	Não	Não foi discutido
Vuillerme et al. (2007)	Não	Não	Não foi discutido
Chen et al. (2008)	Não	Não	Não foi discutido
Manohar e Bhatia (2008)	Não	Não	Não foi discutido
Yip et al. (2009)	O artigo cita que a manta de sensores é composta de materiais confortáveis para se deitar.	Não	O material usado pela manta tem um custo inferior a $50,00 por metro quadrado.
Hsia et al. (2009)	Não	Não	Não foi discutido
Mukai et al. (2009)	Não	Não	Não foi discutido
Wang et al. (2010)	Não	Não	Não foi discutido

Wai et al. (2010)	Não	Não	Não foi discutido
Jaichandar et al. (2011)	Não	Não	Não foi discutido
Ostadabbas et al. (2011b)	Não	Não	Não foi discutido
Yousefi et al. (2011b)	Não	Não	Não foi discutido
Yousefi et al. (2011a)	Não	Não	A abordagem utiliza sensores de pressão de baixo custo.
Boissy et al. (2011)	Não	Não	Não foi discutido
Elfehri et al. (2011)	Não foi discutido.	Não	Não foi discutido
Farshbaf et al. (2011)	Não	Não	Não foi discutido
Ostadabbas et al. (2011a)	Não	Não	Não foi discutido
Pereira et al. (2011)	Não	Não	Não foi discutido

Wang et al. (2011a)	Não	Não	A abordagem utiliza sensores de baixo custo.
Jaichandar e Garcia (2011)	Não	Não	O artigo cita que a abordagem utiliza um microcontrolador de baixo custo.
Wang et al. (2011b)	Não	Não	Não foi discutido
Kittipanya-Ngam, Guat e Lung (2012)	Não	Não	Não foi discutido
Ostadabbas et al. (2012)	Não	Não	Não foi discutido
Dobbins et al. (2012)	Não	Não	Não foi discutido
Fard, Moghimi e Lotfi (2013)	Não	Não	Não foi discutido
Chung et al. (2013)	Não	Não	Utiliza sensores de baixo custo.

Liu et al. (2014)	O artigo cita que os sensores utilizados não interferem no conforto dos pacientes.	Não	Não foi discutido.
Chang et al. (2014)	O artigo cita que o manto de sensores é flexível de maneira a otimizar o conforto do paciente.	Não	O artigo cita que são utilizados sensores de baixo custo.
Akbari e Heravi (2014)	Não	Não	Não foi discutido.