

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Valéria Priscilla Monteiro Fernandes

*Reconhecimento de postura segundo a Metodologia REBA  
usando câmera de profundidade*

São Luís - MA  
2014

Valéria Priscilla Monteiro Fernandes

*Reconhecimento de postura segundo a Metodologia REBA  
usando câmera de profundidade*

Monografia apresentada ao Curso de Ciência da  
Computação da Universidade Federal do Maranhão,  
como requisito parcial para obtenção do grau de  
Bacharel em Ciência da Computação.

**Orientador: Prof. Dr. Anselmo Cardoso de Paiva**  
**Doutor em Ciência da Computação**

São Luís - MA  
2014

Fernandes, Valéria Priscilla Monteiro

Reconhecimento de postura segundo a metodologia REBA usando câmera de profundidade / Valéria Priscilla Monteiro Fernandes. – São Luís, 2014.

40 f.

Orientador: Anselmo Cardoso de Paiva.

Monografia (Graduação) – Curso de Ciência da Computação da Universidade Federal do Maranhão, 2014.

1. Câmera de profundidade. 2. Postura corporal – Metodologia Rapid Entire Body Assessment (REBA). Ergonomia. I. Título.

CDU 004:613.65


Valéria Priscilla Monteiro Fernandes

*Reconhecimento de postura segundo a Metodologia REBA  
usando câmera de profundidade*

Monografia apresentada ao Curso de Ciência da  
Computação da Universidade Federal do Maranhão,  
como requisito parcial para obtenção do grau de  
Bacharel em Ciência da Computação.

Aprovada em 16 de janeiro de 2014

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dr. Anselmo Cardoso de Paiva

Doutor em Ciência da Computação



---

Prof. Ms. Geraldo Braz Junior

Mestre em Ciência da Computação



---

Prof. Dr. João Dallyson Sousa de Almeida

Doutor em Engenharia da Eletricidade

*À minha família.*

## Agradecimentos

Agradeço à Deus, por me permitir chegar até aqui.

À minha família, por me oferecer a estrutura necessária para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Ao meu namorado Ruy, pelo seu carinho e companheirismo ao longo desses anos.

Aos professores do Curso de Ciência da Computação, por me proporcionarem uma boa formação. Em especial ao meu orientador Anselmo Cardoso de Paiva, pela paciência e por seus ensinamentos passados.

Aos amigos do NCA e antigo LabMint, pelo apoio e pelos momentos de descontração.

E a todos que contribuíram mesmo que indiretamente para o desenvolvimento deste trabalho.

*“Cada sonho que você deixa pra trás, é um pedaço do seu futuro que deixa de existir.”*

*Steve Jobs*

## Resumo

Ao longo de um dia de trabalho, uma pessoa pode ter várias posturas no seu local de trabalho, e muitas vezes, durante o exercício de atividades, pode haver mudanças bruscas de uma postura para outra. A postura incorreta do trabalhador é um dos principais motivos pelo crescimento de Distúrbios Osteomusculares Relacionados com o Trabalho (DORT).

Dessa maneira, a análise postural é essencial para avaliar a prática de atividades em ambientes de trabalho que são danosos ao sistema músculo-esquelético. Uma simples observação visual não é suficiente para analisar essas posturas detalhadamente, sendo necessário empregar diversas técnicas. No entanto, os métodos tradicionais de avaliação são manuais, o que torna a avaliação demorada e ineficiente. Por outro lado, o uso recente de câmeras de profundidade, possibilitou o desenvolvimento de aplicações de reconhecimento de postura, e a automatização de técnicas para avaliação e classificação de posturas.

Esse trabalho apresenta o desenvolvimento de uma solução baseada em visão computacional e câmeras de profundidade, para a classificação de posturas segundo a metodologia Rapid Entire Body Assessment, REBA .

Palavras-chaves: Ergonomia, postura, câmera de profundidade.



## Abstract

During a working day, a person can have several postures in his workplace, and often while executing activities, there may be sudden posture changes. Worker's incorrect posture is one of the main reasons of Work-Related Musculoskeletal Disorders (WRMD) growth.

Thus, postural analysis is essential to evaluate the practice of activities in work environments that are harmful to the musculoskeletal system. A simple visual observation is not enough to analyze these postures in detail, so it is necessary to employ several techniques. However, the traditional evaluation methods are manual, what turns it a time-consuming and inefficient evaluation. On the other hand, the use recently of depth cameras enabled the development of applications recognition of posture, and allowed automation of techniques for evaluation and classification of postures.

This paper presents the development of a solution based on computer vision and depth cameras, for classifying positions according to the methodology Rapid Entire Body Assessment, REBA.

Keywords: Ergonomics, posture, depth camera.

## Lista de Abreviaturas e Siglas

3DSSPP	<i>Three Dimensional Static Strength Prediction Programme</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
CDT	<i>C/C++ Development Tooling</i>
CMOS	<i>Complementary Metal-Oxide-Semiconductor</i>
DORT	<i>Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IN	<i>Interaction Natural</i>
INSS	<i>Instituto Nacional do Seguro Social</i>
LER	<i>Lesão por Esforço Repetitivo</i>
OpenNI	<i>Open Natural Interaction</i>
OWAS	<i>Ovako Working Posture Analysing System</i>
REBA	<i>Rapid Entire Body Assessment</i>
RGB	<i>Red-Green-Blue</i>
RULA	<i>Rapid Upper Limb Assessment</i>

## Lista de Figuras

2.1	Pontuação dos segmentos do Grupo A. Fonte: adaptado de (HIGNETT; MCATAMNEY, 2000) . . . . .	18
2.2	Pontuação dos segmentos do Grupo B. Fonte: adaptado de (HIGNETT; MCATAMNEY, 2000) . . . . .	19
2.3	Fluxograma do Score REBA. Fonte: (HIGNETT; MCATAMNEY, 2000) . . . . .	20
2.4	Especificação do Kinect Fonte: (KINECT, 2010) . . . . .	23
2.5	Arquitetura do OpenNI. Fonte: (OPENNI, 2012) . . . . .	24
2.6	Arquitetura do Framework NiTE. Fonte:(NITE, 2013) . . . . .	26
2.7	Ângulo agudo e obtuso ( $\theta < \frac{\pi}{2}$ ) e ( $\theta > \frac{\pi}{2}$ ). Fonte: (LIMA, 1981) . . . . .	27
2.8	Ângulo agudo e obtuso. Fonte:(STEINBRUCH; WINTERLE, 1987) . . . . .	27
3.1	Etapas da Metodologia proposta para análise de postura REBA. . . . .	28
3.2	Diferentes visões do mesmo ambiente . . . . .	30
3.3	Ilustração dos ângulos do tronco: flexão(a), flexão lateral(b) e torção(c). . . . .	31
3.4	Ilustração dos ângulos do pescoço: flexão(a), flexão lateral(b) e torção(c). . . . .	32
3.5	Flexão das pernas. Fonte: adaptado de (HIGNETT; MCATAMNEY, 2000) . . . . .	32
3.6	Ilustração do ângulo do braço. . . . .	33
3.7	Ilustração do ângulo do antebraço. . . . .	34
3.8	Diagrama de Pacotes . . . . .	34
3.9	Teste 1 - Nível de Risco Negligenciável . . . . .	35
3.10	Teste 2 - Nível de Risco Baixo . . . . .	36
3.11	Teste 3 - Nível de Risco Alto . . . . .	36
3.12	Teste 4 - Nível de Risco Muito Alto . . . . .	37

## Lista de Tabelas

2.1	Pontuação das Tabelas. Fonte: adaptado de (HIGNETT; MCATAMNEY, 2000) . . . . .	21
2.2	Interpretação dos resultados. Fonte: adaptado de (HIGNETT; MCATAMNEY, 2000) . . . . .	21
2.3	Variação do Peso de carga. Fonte: adaptado de (HIGNETT; MCATAMNEY, 2000) . . . . .	22
2.4	Score de Pega. Fonte: adaptado de (HIGNETT; MCATAMNEY, 2000) . . . . .	22
2.5	Score de Atividade. Fonte: adaptado de (HIGNETT; MCATAMNEY, 2000) . . . . .	22

# Sumário

<b>Lista de Figuras</b>	<b>7</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>8</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>11</b>
1.1 Objetivos . . . . .	12
1.1.1 Objetivos Específicos . . . . .	12
1.2 Trabalhos Relacionados . . . . .	13
1.2.1 Detecção de Postura . . . . .	13
1.2.2 Análise Ergonômica do Trabalho . . . . .	15
1.3 Organização do Trabalho . . . . .	16
<b>2 Fundamentação Teórica</b>	<b>17</b>
2.1 REBA . . . . .	17
2.2 Tecnologias . . . . .	23
2.2.1 Kinect . . . . .	23
2.2.2 OpenNI . . . . .	24
2.2.3 NiTE . . . . .	25
2.3 Medidas Geométricas . . . . .	26
2.3.1 Ângulo entre Vetores . . . . .	26
2.3.2 Projeção do Vetor no Plano . . . . .	27
<b>3 Metodologia</b>	<b>28</b>
3.1 Detecção do Esqueleto . . . . .	29

3.2	Detecção de Posturas REBA . . . . .	30
3.2.1	Tronco . . . . .	30
3.2.2	PESCOÇO . . . . .	31
3.2.3	Pernas . . . . .	32
3.2.4	Braço . . . . .	33
3.2.5	Antebraço . . . . .	33
3.3	Protótipo . . . . .	34
3.3.1	Testes e Limitações . . . . .	35
<b>4</b>	<b>Considerações Finais</b>	<b>38</b>
	<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>39</b>

# 1 Introdução

Um dos fatores responsáveis pelo crescimento de Distúrbios Osteomusculares Relacionados com o Trabalho (DORT) é a postura incorreta do trabalhador (BURTON, 2010). Ao longo do dia, uma pessoa pode assumir inúmeras posições no posto de trabalho, e muitas vezes, durante o exercício de atividades, pode haver mudanças bruscas de uma postura para outra, devido ao projeto inapropriado de equipamentos, postos de trabalho e também, às exigências para o desempenho da tarefa.

Ao longo do tempo, fatores como: a má postura, a carga elevada de força exercida nas atividades, e a repetição em grande velocidade, podem comprometer o sistema músculo-esquelético do trabalhador. Uma simples observação visual não é suficiente para analisar essas posturas detalhadamente, sendo necessário empregar diversas técnicas para registro e análise postural (IIDA, 2005).

No Brasil, o aumento na incidência de LER/DORT pode ser observado nas estatísticas do INSS de concessão de benefícios por doenças e lesões no sistema músculo-esquelético, e também, na concessão de auxílio acidente e aposentadoria por invalidez pela Previdência Social. Fatores referentes à organização do trabalho tais como: alta intensidade do ritmo de trabalho, sobrecarga de determinado grupos musculares, ausência de controle sobre o modo e ritmo de trabalho, exigência de produtividade, uso de mobiliário e equipamentos desconfortáveis são apontados como relacionados ao aumento dos casos de LER/DORTS. Os trabalhadores atingidos são dos mais diversos ramos de atividade e em grande número, o que configura um problema disseminado e não específico de uma ou outra categoria profissional (MAENO et al., 2001).

Os sintomas podem se manifestar em diferentes quadros clínicos, com diferentes sinais apresentados pelos pacientes, conforme a atividade desempenhada. Com o passar do tempo, os sintomas além de aparecerem espontaneamente, tendem a se manter de forma contínua, gerando crises de dor intensa, esses sintomas podem se tornar freqüentes durante o trabalho, inclusive influenciando as atividades extras do trabalhador. Neste momento, as pessoas procuram atendimento médico, devido às dificuldades que os sintomas causam no desempenho de suas atividades (OLIVEIRA, 2001).

Dessa maneira, a análise postural é essencial para avaliar prática de atividades em ambientes de trabalho que são potencialmente danosos ao sistema músculo-esquelético. No entanto, os métodos tradicionais de monitoramento são manuais e dependem de inúmeras variáveis como: análise angular dos membros, tronco e pescoço, aplicação de força, frequência e o tempo gasto em cada postura, tornando a avaliação ineficiente (PAVANI; QUELHAS, 2006).

Recentemente, a flexibilidade e o custo das recentes câmeras de profundidade gerou um novo paradigma de definição de Sistemas de Análise Ergonômica. Estes equipamentos possibilitaram o reconhecimento de todo o corpo humano, abrindo possibilidades para o desenvolvimento de aplicações de aquisição de postura. Uma das áreas que se beneficia desta tecnologia é a análise de postura humana voltada para avaliação ergonômica de atividades de trabalho.

Esse trabalho apresenta o desenvolvimento de uma solução baseada em visão computacional e câmeras de profundidade, para a classificação de posturas segundo a metodologia REBA (Rapid Entire Body Assessment) metodologia inicialmente introduzida por (HIGNETT; MCATAMNEY, 2000).

## 1.1 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de uma metodologia computacional através de um conjunto de regras pré-definidas para aplicação do método de avaliação ergonômica REBA, usando sensor de profundidade para extração de informações e avaliação de posturas.

### 1.1.1 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- Fazer o reconhecimento de posturas conforme a metodologia REBA para extração de informações precisas na definição de parâmetros de postura;
- Automatizar técnicas da metodologia REBA para registro e avaliação de postura em uma tarefa;



- Classificar o nível de ação com a indicação de urgência a ser tomada;

## 1.2 Trabalhos Relacionados

Sistemas de detecção de postura vem sendo usados para auxiliar os profissionais da ergonomia. A literatura acadêmica dispõe de trabalhos que tratam de metodologias similares ao método proposto.

### 1.2.1 Detecção de Postura

Dutta (2012) centrou-se principalmente sobre as capacidades e características de componentes de detecção de hardware do sensor Kinect, para permitir que profissionais ergonômicos decidam se o sensor pode ser usado como um sistema de captura de movimentos 3D portátil para realização de avaliações biomecânicas de trabalho. Um sistema de captura de movimento *Vicon* foi utilizado como referência padrão para determinar as capacidades de mapeamento de profundidade em 3D do Kinect.

Os resultados deste estudo indicam que a precisão do sistema de captura de movimento Kinect seria, pelo menos, uma ordem de grandeza menor do que a do sistema *Vicon*. No entanto, a precisão do Kinect é aceitável e poderia fornecer mais informações aos profissionais de ergonomia que atualmente utilizam técnicas correspondentes a postura em gravações de vídeo 2D para as suas avaliações. A inclusão do Kinect pode reduzir drasticamente a quantidade de trabalho manual envolvido em posturas para várias partes do corpo quadro a quadro.

Em (WHITMAN et al., 2004) é estabelecida uma analogia entre as tarefas físicas realizadas no mundo real e no mundo virtual. A questão abordada na pesquisa é se a realidade virtual é uma ferramenta adequada para a realização de análise ergonômica. Foi feito um estudo de comparação de resultados de um experimento realizado nos dois ambientes. Os dados relativos à experiência foram avaliados para verificar se estavam correlacionados. A experiência nos dois ambientes foi feita comparando o movimento do tronco ao realizar uma tarefa. O equipamento utilizado durante a execução das tarefas incluía: monitor de movimento lombar, display montado na cabeça, e sistema de captura de movimento. O monitor de movimento registrava os dados levando em consideração a

posição, a velocidade e a aceleração de todos os perfis em três planos, (sagital, transversal e coronal).

Os resultados obtidos com os experimentos feitos, indicam que a tarefa feita em realidade virtual não é comparada a uma tarefa semelhante no ambiente real, quando envolve velocidades e acelerações. Isto é, porque o participante se move mais lentamente em realidade virtual, em comparação com o ambiente real. Qualquer tarefa realizada em realidade virtual pode ser comparável a uma tarefa semelhante no ambiente real, desde que envolva apenas movimentos, e não acelerações ou velocidades. Mas no cenário real, uma análise ergonômica completa e abrangente não pode ser realizada sem as velocidades e acelerações de movimentos executadas pelo corpo, pois envolve os movimentos no plano tridimensional. Assim, no cenário de experimento real é rejeitada a hipótese de que as tarefas experimentais em ambos ambientes (real e virtual) são comparáveis para os dispositivos e equipamentos usados na pesquisa.

Ray e Teizer (2012) fizeram uma investigação de uma abordagem automatizada para a estimativa e classificação da postura de trabalhadores da construção civil, através de uma câmera, para análise da postura e para categorizá-la como ergonômico ou não ergonômico. Os dados usados foram coletados pela câmera Kinect. Primeiramente, é feito a extração de características da pose do trabalhador, para determinar sua postura: se está em pé, sentado, curvado, ou agachado. Além de classificação da postura, também é necessário fazer estimativa da pose da pessoa. Essa estimativa refere-se a variação de ângulos entre os vários segmentos do corpo humano.

O algoritmo desenvolvido provou ser computacionalmente de baixo custo e opera em tempo real. No entanto, as limitações de distância de câmera tornam difícil rastrear objetos que estão muito afastados da câmera. Além disso, o desempenho do algoritmo de classificação da postura corporal foi testado com sucesso e tem uma baixa taxa de erro. A taxa de erro observada pode ser melhorada usando outras técnicas. Do ponto de vista da ergonomia, uma das principais limitações desta metodologia é que ela não leva em conta o tempo, a repetição, e os fatores de carga de esforço, que são fundamentais na análise ergonômica.

Em (QUINTANILHA, 2013) é proposta uma metodologia para auxiliar o profissional de ergonomia na utilização de métodos de avaliação de postura: o 3DSSPP (*Three Dimensional Static Strength Prediction Programme*) e o RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*),

utilizando um sensor de profundidade para extração de informações precisas para definição de parâmetros de postura. A estimativa e análise de parâmetros de postura baseados nos dois métodos de avaliação escolhidos apresentaram bons resultados, e o método RULA apresentou uma acurácia de 71,67%.

Em (LEÃO, 2013) é apresentado o desenvolvimento de uma solução baseada em visão computacional usando o Kinect, para a classificação de posturas de trabalho segundo a metodologia OWAS (*Ovako Working Posture Analysing System*). O OWAS é uma técnica de registro e análise postural e destaca-se por sua praticidade comprovada e eficiência, principalmente para análises posturais em atividades industriais. Os resultados da classificação postural automática foram comparados com os resultados das classificações feitas por especialistas, que usaram o método tradicional. O trabalho contribuiu no auxílio de tomada de decisões do ergonomista, tornando a avaliação ergonômica ágil e precisa.

Dessa maneira o presente trabalho visa automatizar as técnicas de análise postural REBA, que até então, são feitas manualmente por profissionais de ergonomia.

### 1.2.2 Análise Ergonômica do Trabalho

A Norma Regulamentadora NR17, (MTE, 2002) visa estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho de modo a proporcionar o máximo de conforto, segurança e eficiência do trabalhador. Essas características são aquisições dos diversos ramos do conhecimento e devem ser utilizadas na melhoria das condições de trabalho.

O software Deneb / ERGO apresentado em (NAYAR, 1995) é uma ferramenta baseada em simulação interativa 3D, que avalia diferentes perspectivas para o especialista em fatores humanos e análise ergonômica. O software tem um sistema de análise de postura para investigar a exposição dos trabalhadores aos riscos associados dos membros superiores relacionado ao trabalho e para prevenir os riscos no local de trabalho.

A ferramenta é muito útil para o projeto e análise do local de trabalho, permitindo que o usuário rapidamente crie um protótipo de movimento humano dentro de uma área de trabalho usando um paradigma de programação de movimentação gráfica. Recursos são fornecidos para o desenvolvimento de padrões de tempo e o estudo ergonômico de um trabalho relacionado com o levantamento, o gasto de energia e análise de postura baseado no percentual, em modelos humanos 3D completamente articulados. Neste paradigma, o

usuário ensina as seqüências de movimento dos trabalhadores. A seqüência de movimento é uma coleção ordenada de posturas, onde o usuário manipula membros do trabalhador baseada em tarefas e programação gráfica.

Em (LIAO; MIAOU; LI, 2010) é proposto um sistema de análise postural de caminhada humana baseada em visão sem a necessidade de marcadores. A análise de postura da caminhada humana é feita baseada na visão lateral e frontal, onde são extraídas quatro características das imagens: linha corporal, linha do pescoço, centro de gravidade e o comprimento do passo. Os resultados do experimento mostram que o estudo feito extrai com êxito todas as quatro características mencionadas acima a partir da imagem da silhueta do corpo humano.

Dessa maneira, verifica-se que as câmeras de profundidade representam uma importante ferramenta computacional para avaliação de posturas e como base no auxílio para metodologias de análise ergonômica do trabalho.

## 1.3 Organização do Trabalho

Este trabalho é organizado 4 capítulos, descritos a seguir.

No Capítulo 1 foi feita a introdução do trabalho e é mostrado os trabalhos relacionados presentes na literatura acadêmica.

O Capítulo 2 explica a fundamentação teórica necessária para a compreensão e desenvolvimento deste trabalho, formado pela descrição do método de avaliação ergonômica e as tecnologias usadas.

O Capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada e os passos seguidos para o desenvolvimento do trabalho.

O Capítulo 4 apresenta a conclusão do trabalho, ressaltando a eficiência da metodologia, as dificuldades encontradas, possíveis melhorias e por fim, sugestões para trabalhos futuros.

## 2 Fundamentação Teórica

Nesse capítulo é apresentada a fundamentação teórica necessária para o entendimento da metodologia proposta neste estudo.

São abordados o método de avaliação ergonômico REBA, de avaliação de posturas; e as tecnologias usadas, que são fundamentais para captura de imagens de profundidade.

### 2.1 REBA

O método (Rapid Entire Body Assessment) REBA, foi proposto em (HIGNETT; MCATAMNEY, 2000) para avaliar o risco de desalinhamento corporal em que os trabalhadores estão expostos. Essa metodologia avalia as posturas na execução do trabalho e analisa as atividades realizadas dividindo o corpo em segmentos e planos de movimento, verificando a postura estática e dinâmica, mudanças bruscas, instabilidades do tronco e mãos. Este método foi desenvolvido com os seguintes objetivos:

- Constituir-se um sistema de análises posturais sensíveis a riscos músculo esqueléticos, em várias tarefas;
- Dividir o corpo em segmentos para ser codificado individualmente, com referência nos planos de movimento;
- Fornecer um sistema de escore para a atividade muscular, proporcionada por esforços estáticos, dinâmicos, movimentos rápidos ou posturas instáveis;
- Observar que o conjunto é importante na movimentação de cargas, não somente através das mãos;
- Fornecer um nível de ação com uma indicação de urgência.

Este método inclui fatores de carga postural estáticos e dinâmicos na interface homem-carga e um conceito de gravidade para manter a posição dos membros superiores. Isso significa que a gravidade mantém a postura do braço quando é mais custoso manter o

braço levantado. Se a postura do braço estiver apoiado ou com suporte para o peso do braço, a postura é facilitada pela gravidade.

O método REBA utiliza o sistema de pontuações em tabelas, de forma individualizada, analisando cada segmento do corpo individualmente, mas separados em grupos com pontuações em tabelas pré-determinadas: Grupo A - tronco, pescoço e pernas; Grupo B - membros superiores (braço, antebraço e pulso). No grupo B, a pontuação será calculada para cada lado (direita e esquerda) dos segmentos do corpo. O método já define os parâmetros de pontuação para a variação do ângulo de cada segmento do corpo, de acordo com o grupo em que ele pertence, como apresentado na Figura 2.1 e Figura 2.2.

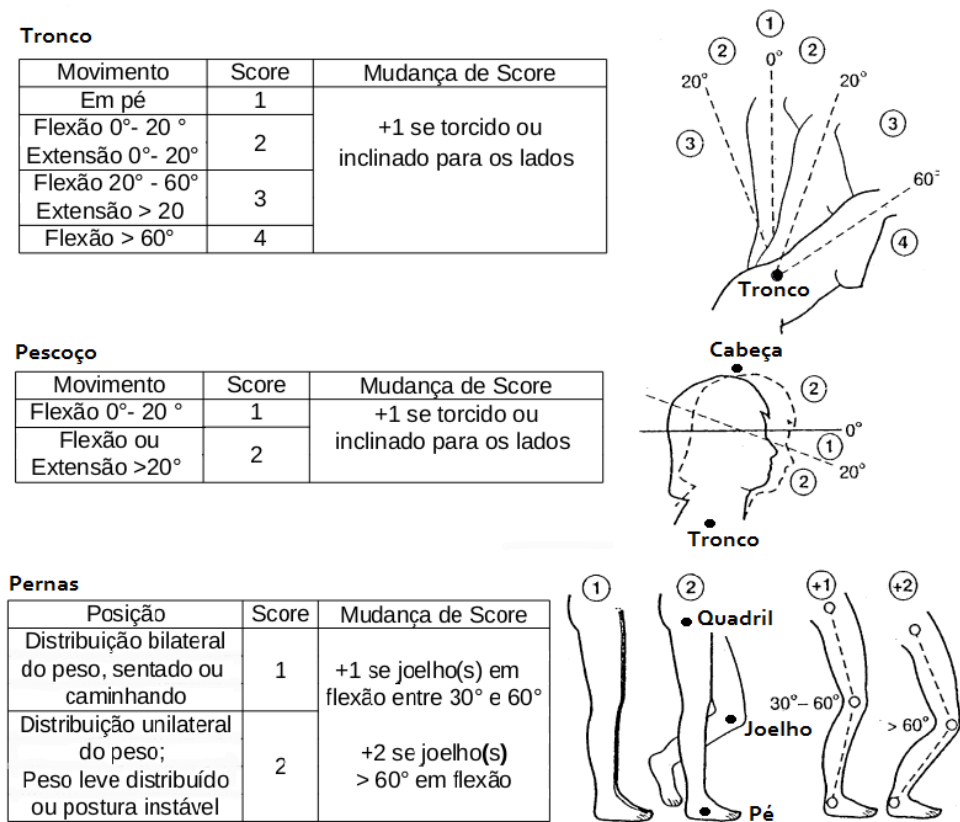


Figura 2.1: Pontuação dos segmentos do Grupo A. Fonte: adaptado de (HIGNETT; MCATAMNEY, 2000)

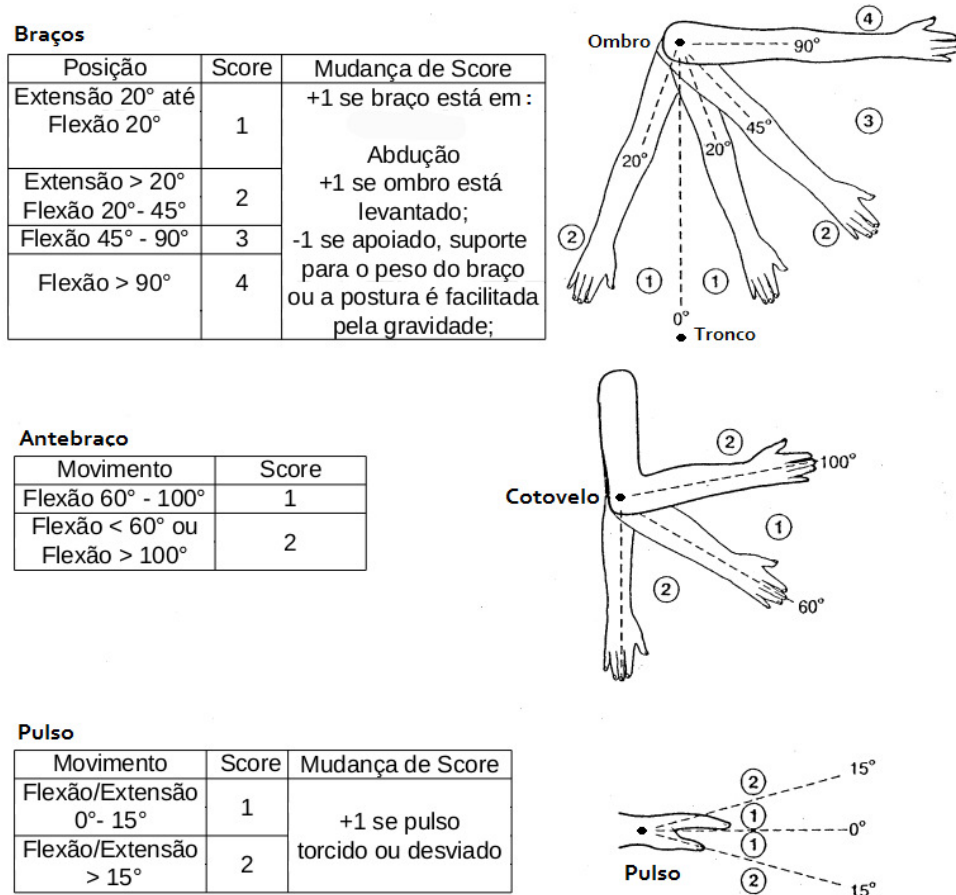


Figura 2.2: Pontuação dos segmentos do Grupo B. Fonte: adaptado de (HIGNETT; MCATAMNEY, 2000)

Qualquer movimento em outro plano como, por exemplo, torção ou flexão lateral, terá adição de pontuação extra. O método REBA é aplicado de acordo com o fluxograma da Figura 2.3.

Com os scores dos grupos A e B, pode ainda ser acrescentada uma pontuação extra. No grupo A é considerada a carga ou força exercida no manejo de cargas, e no grupo B o nível de aceitação de “Pega” (referente ao grau de dificuldade no manuseio de peças ou ferramentas). Em seguida, a pontuação final do grupo A e do grupo B serão relacionadas através de uma terceira tabela, também pertencente ao método, a Tabela C, e será adicionado ainda a pontuação do tipo de atividade muscular. A Figura 2.4 mostra as pontuações das tabelas. Com a pontuação final, é determinado o nível de risco e a indicação de urgência para adotar novas medidas de segurança no ambiente de trabalho, ou propor uma nova postura para desempenho da tarefa. Os níveis de risco variam de 0 a 4, onde as pontuações mais altas significam níveis mais altos de risco, como demonstrado

na Figura 2.2.

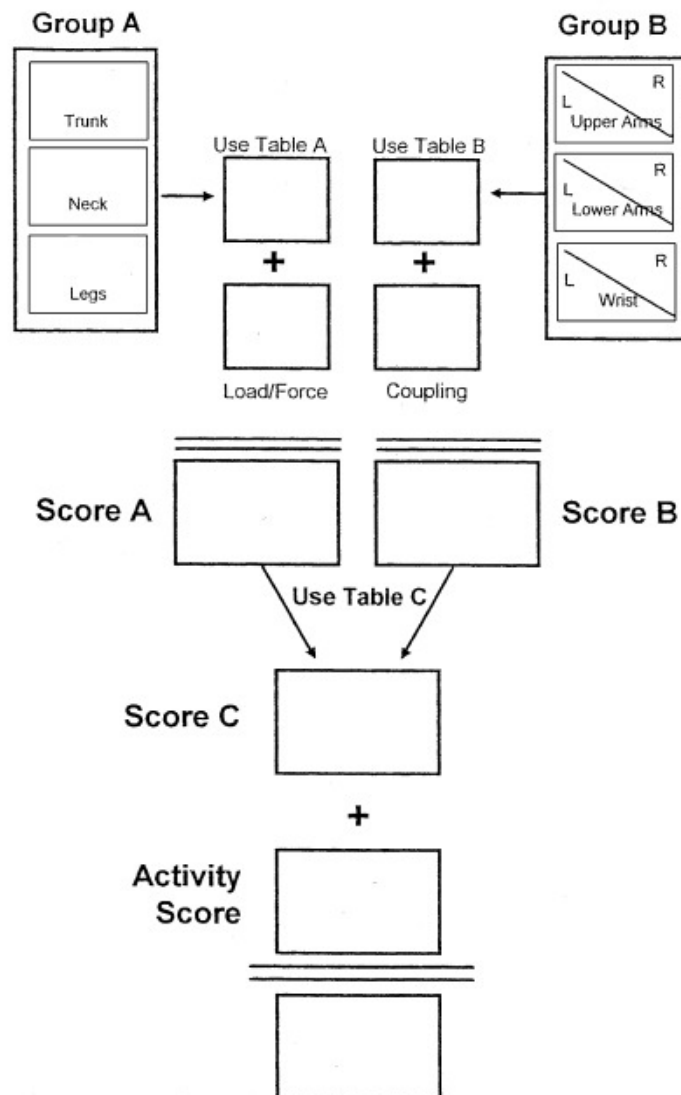


Figura 2.3: Fluxograma do Score REBA. Fonte: (HIGNETT; MCATAMNEY, 2000)



Tabela A	Pescoço												
	Pernas	1				2				3			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Score Tronco	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Tabela B	Antebraço						
	Pulso	1			2		
		1	2	3	1	2	3
Score Braço	1	1	2	3	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

Tabela C												
Score A	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Tabela 2.1: Pontuação das Tabelas. Fonte: adaptado de (HIGNETT; MCATAMNEY, 2000)

Nível de Ação	Score REBA	Nível de risco	Ação
0	1	Negligenciável	Desnecessária
1	2 – 3	Baixo	Pode ser necessária
2	4 – 7	Médio	Necessária
3	8 – 10	Alto	Necessária em breve
4	11 – 15	Muito alto	Necessária agora

Tabela 2.2: Interpretação dos resultados. Fonte: adaptado de (HIGNETT; MCATAMNEY, 2000)

Na Tabela A, é levado em consideração o peso de carga exercido na atividade. Esse valor de score da variação do peso, é adicionado ao score final do Grupo A.

<b>Carga/Força</b>			
<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>+1</b>
< 5 kg	5 – 10 kg	> 10 kg	Impacto ou rápida execução de força

Tabela 2.3: Variação do Peso de carga. Fonte: adaptado de (HIGNETT; MCATAMNEY, 2000)

Para a Tabela B, é analisado o nível de pega. Como é descrito na Tabela 2.4.

<b>Pega</b>			
<b>0 – Bom</b>	<b>1 – Razoável</b>	<b>2 – Ruim</b>	<b>3 – Inaceitável</b>
Boa pega a médio Alcance, boa força de agarre	Pega aceitável mas Não é ideal	Pega inaceitável Apesar de possível	Desfavorável; pega Insegura Utilizando outras Partes do corpo

Tabela 2.4: Score de Pega. Fonte: adaptado de (HIGNETT; MCATAMNEY, 2000)

Para a Tabela C, são adicionados valores referentes ao score da atividade exercida, levando em consideração se houveram repetições de movimentos ou se foi causado alguma desestabilização na postura. Com o valor adicionado, tem-se o score final REBA, e consequentemente a classificação da postura com o nível de risco, e o nível de urgência para propor novas medidas no ambiente de trabalho.

<b>Score de Atividade</b>	
<b>+1</b>	1 ou mais partes do corpo estão estáticas. Ex: Segurar um objeto por mais de 1 minuto
<b>+1</b>	Ações repetidas em pequenos intervalos. Ex: Repetições mais de 4 vezes por minuto
<b>+1</b>	A ação causa mudanças grandes e rápidas nas posturas ou uma desestabilização

Tabela 2.5: Score de Atividade. Fonte: adaptado de (HIGNETT; MCATAMNEY, 2000)

## 2.2 Tecnologias

As tecnologias usadas nesse trabalho foram: a câmera de profundidade Kinect, OpenNI *framework*, e o *middleware* NiTE.

### 2.2.1 Kinect

O Kinect é um dispositivo desenvolvido pela Microsoft para uso no console Xbox 360, que permite ao usuário controlar e interagir com o mesmo sem a necessidade de um joystick, apenas através de gestos e comandos de voz, baseando-se em uma interface natural (KINECT, 2010).

O Kinect foi desenvolvido em uma parceria da Microsoft com a empresa PrimeSense, que desenvolveu um sistema capaz de interpretar gestos específicos, tornando as mãos livres do controle de dispositivos eletrônicos. O dispositivo apresenta uma câmera RGB, um sensor de profundidade e um conjunto de microfones, que fornecem a captura de todo o corpo e objetos em movimento 3D, reconhecimento facial e capacidades de reconhecimento de voz. O sistema de scanner desenvolvido pela PrimeSense, chamado *Light Coding* emprega a reconstrução de imagem 3D (PRIMESENSE, 2011).

O sensor de profundidade é constituído de um projetor de laser infravermelho combinado com um sensor CMOS monocromático, que capta os dados de vídeo em 3D sob quaisquer condições de luz ambiente (MICROSOFT, 2009). A Figura 2.4 apresenta um exemplo do dispositivo com as suas especificações.

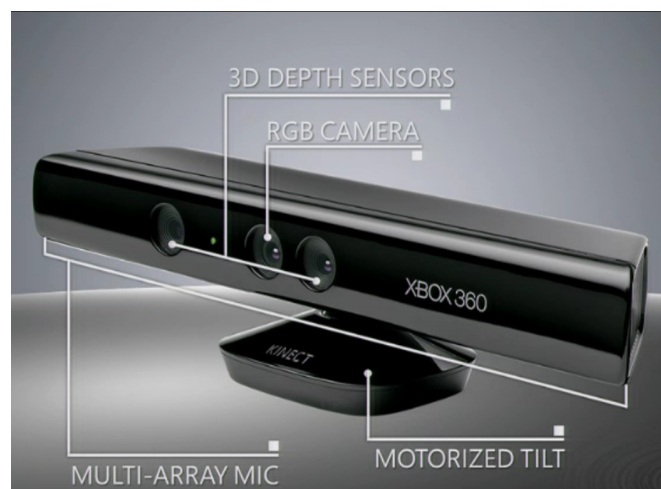


Figura 2.4: Especificação do Kinect Fonte: (KINECT, 2010)

As imagens geradas pelo Kinect são fornecidas pelo sensor RGB e sensor de profundidade. A sequência de vídeo capturada possui resolução de 640x480 *pixels* e uma taxa de 30 *frames* por segundo.

### 2.2.2 OpenNI

OpenNI (Open Natural Interaction) é uma organização sem fins lucrativos, formada para promover e padronizar a compatibilidade e interoperabilidade de Interação Natural(IN) de dispositivos, aplicações e *middleware* (OPENNI, 2012).

Um dos seus principais membros é a Primesense, a GARAGE (2006), que desenvolve hardware e software *open source* para aplicações na robótica e a ASUS (1989) , fabricante de hardware para aplicações e jogos controlados por movimento de corpo inteiro.

A organização disponibiliza um *framework* de código aberto (*open source*), que fornece uma Interface de Programação de Aplicativos (API) para a criação de aplicativos que utilizam a Interação Natural. Esta API abrange a comunicação com dispositivos de baixo nível, como também soluções de *middleware* de alto nível.

A API permite o desenvolvimento de aplicações sem adicional de aplicações que funcionem com *middlewares* diferentes, desenvolvimento de sensores para qualquer aplicação que seja compatível, ou utilize o OpenNI e permite o uso de dados em formato bruto para seus algoritmos, independente do sensor utilizado. A arquitetura do *framework* OpenNI é mostrada na Figura 2.5.

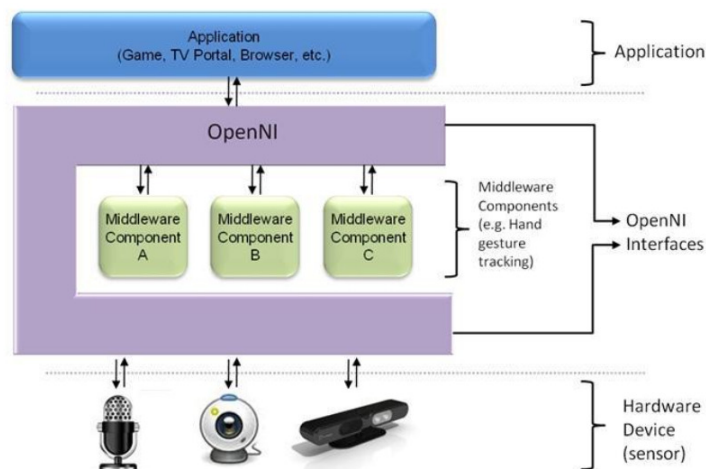


Figura 2.5: Arquitetura do OpenNI. Fonte: (OPENNI, 2012)

A camada inferior é composta pelos dispositivos sensoriais, no caso deste trabalho o Kinect, que irá fazer a captura dos dados brutos e enviará para a camada central, representada pelo OpenNI. Essa camada disponibiliza interfaces de comunicação que interagem com os sensores e com os *middlewares*. Os dados vão ser analisados, e encaminhados para o *middleware* na camada superior, de aplicação.

### 2.2.3 NiTE

A PrimeSense NiTE é um robusto *middleware* de visão computacional 3D. Este *middleware* fornece uma API de suporte para aplicação de controle do usuário, controle por gestos das mãos ou controle do corpo inteiro. Os algoritmos utilizam informações de profundidade, cor, infra-vermelho, e áudio recebido do dispositivo de hardware. A API fornece suporte para voz e reconhecimento de comando de voz, gestos com as mãos e rastreamento de movimento corporal. (NITE, 2013)

A tecnologia de sensoriamento PrimeSense 3D é uma solução em camadas, combinando hardware e software. A aplicação começa a ser executada na camada física de profundidade, os dados são gerados por um dispositivo físico, no caso o Kinect, que possui os sensores necessários: infra vermelho, CMOS, RGB, além dos microfones.

Em seguida, a camada SoC, é responsável por calcular a profundidade, correspondência entre as imagens de profundidade e RGB, espelhamento, dentre outras. A camada do *framework* OpenNI permite que o *host* (máquina) opere os sensores e acesse todos os dados brutos reunidos por ele. O *framework* então, traduz esses dados para informação de alto nível e os envia para a biblioteca de *middleware* NiTE, que possui os algoritmos de rastreamento para a execução da aplicação (NITE, 2013). A representação da arquitetura descrita é apresentada na Figura 2.6.

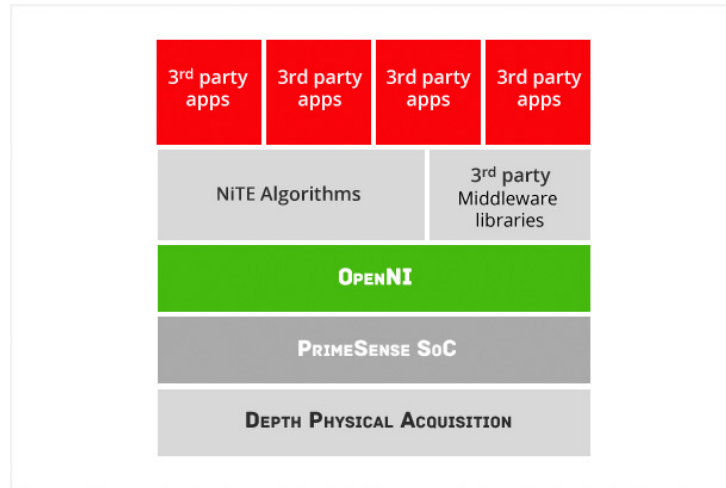


Figura 2.6: Arquitetura do Framework NiTE. Fonte:(NITE, 2013)

## 2.3 Medidas Geométricas

As medidas angulares entre os membros do corpo estão associadas ao esforço exercido na postura. Para a obtenção dessas medidas, é necessário o entendimento de alguns conceitos, que são necessários para desenvolvimento da metodologia.

### 2.3.1 Ângulo entre Vetores

Dois vetores no espaço,  $\vec{u} \neq \vec{0}$  e  $\vec{v} \neq \vec{0}$  formam dois ângulos entre si cuja soma é  $2\pi$ . Sabemos pela desigualdade de Schwarz que:  $|\vec{u} \cdot \vec{v}| = \|\vec{u}\| \cdot \|\vec{v}\|$

Ou seja:

$$\frac{|\vec{u} \cdot \vec{v}|}{\|\vec{u}\| \|\vec{v}\|} \leq 1$$

Daí concluímos que:

$$-1 \leq \frac{\langle \vec{u}, \vec{v} \rangle}{\|\vec{u}\| \|\vec{v}\|} \leq +1$$

Essa relação indica que existe um único ângulo  $\theta$  compreendido no intervalo fechado  $0 \leq \theta \leq \pi$ . Usando o produto escalar pode-se calcular o ângulo entre os vetores  $\vec{u}$  e  $\vec{v}$ , tal que:

$$\cos\theta = \left( \frac{\vec{u} \cdot \vec{v}}{\|\vec{u}\| \|\vec{v}\|} \right)$$

Definimos assim, ângulo entre os vetores não nulos, como o ângulo  $\theta$  compreendido no intervalo fechado  $0 \leq \theta \leq \pi$  (LIMA). Como exemplificado na Figura 2.7.

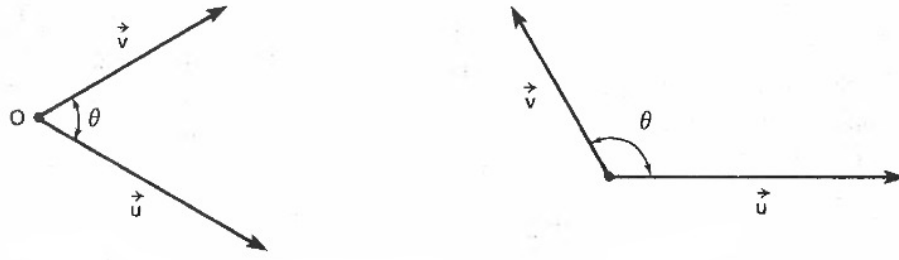


Figura 2.7: Ângulo agudo e obtuso ( $\theta < \frac{\pi}{2}$ ) e ( $\theta > \frac{\pi}{2}$ ). Fonte: (LIMA, 1981)

### 2.3.2 Projeção do Vetor no Plano

Sejam os vetores  $\vec{u}$  e  $\vec{v}$ , com  $\vec{u} \neq 0$  e  $\vec{v} \neq 0$ , e  $\theta$  o ângulo por eles formado. Pretendemos calcular o vetor  $\vec{w}$  que representa a projeção de  $\vec{u}$  sobre  $\vec{v}$ . A Figura 2.8 ilustra as duas situações possíveis podendo ser  $\theta$  um ângulo agudo ou obtuso. (STEINBRUCH; WINTERLE, 1987)

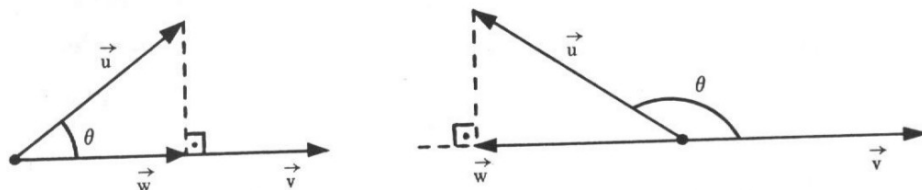


Figura 2.8: Ângulo agudo e obtuso. Fonte:(STEINBRUCH; WINTERLE, 1987)

Do triângulo retângulo formado pelos vetores  $\vec{u}$  e  $\vec{w}$  da Figura 2.8, vem:

$$\vec{w} = \vec{u} \cdot |\cos\theta| = |\vec{u}| \cdot \frac{|\vec{u} \cdot \vec{v}|}{|\vec{u}| |\vec{v}|} = \frac{|\vec{u} \cdot \vec{v}|}{|\vec{v}|}$$

Como  $\vec{w}$  e  $\vec{v}$  têm a mesma direção, segue-se que  $\vec{w} = k \cdot \vec{v}$ ,  $k \in \mathbb{R}$ . Onde  $k$ , é o fator escalar. Então:  $|\vec{w}| = |k| \cdot |\vec{v}|$  ou:

$$|k| = \frac{|\vec{w}|}{|\vec{v}|} = \frac{|\vec{u} \cdot \vec{v}|}{|\vec{v}|} \cdot \frac{1}{|\vec{v}|}$$

$$k = \frac{\vec{u} \cdot \vec{v}}{|\vec{v}|^2}$$

Logo,  $\vec{w}$  é a projeção de  $\vec{u}$  sobre  $\vec{v}$ , representada por:

$$\vec{w} = \left( \frac{\vec{u} \cdot \vec{v}}{|\vec{v}|^2} \right) \cdot \vec{v}$$

### 3 Metodologia

Nesse capítulo é apresentada a metodologia proposta para a classificação de postura a partir da câmera de profundidade Kinect. A sequência dos passos são descritos na Figura 3.1.

Inicialmente é feita a captura da imagem pelo Kinect para a obtenção de dados. Em seguida, é feita a detecção do esqueleto através do *framework* OpenNI e *middleware* NiTE. Os dados de posição e orientação de cada junta são extraídos do esqueleto para o cálculo das medidas angulares entre as juntas. Com essas informações é possível atribuir o score referente aos segmentos de cada grupo e posteriormente, o nível de ação recomendado.

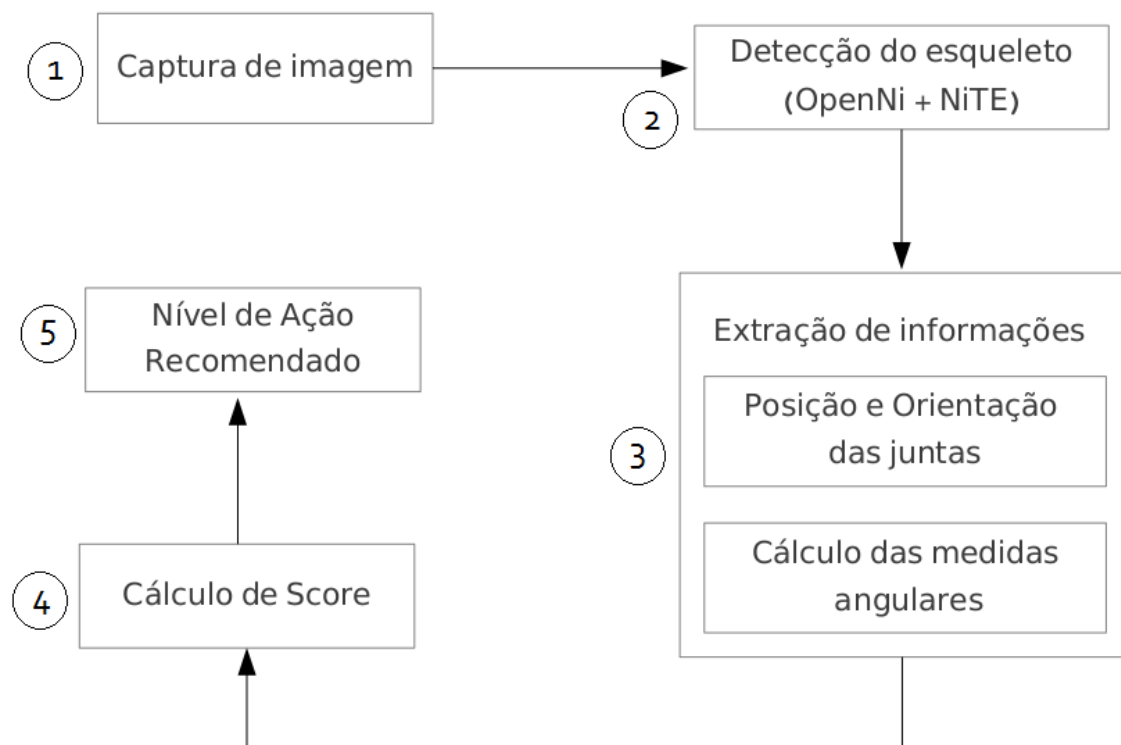


Figura 3.1: Etapas da Metodologia proposta para análise de postura REBA.



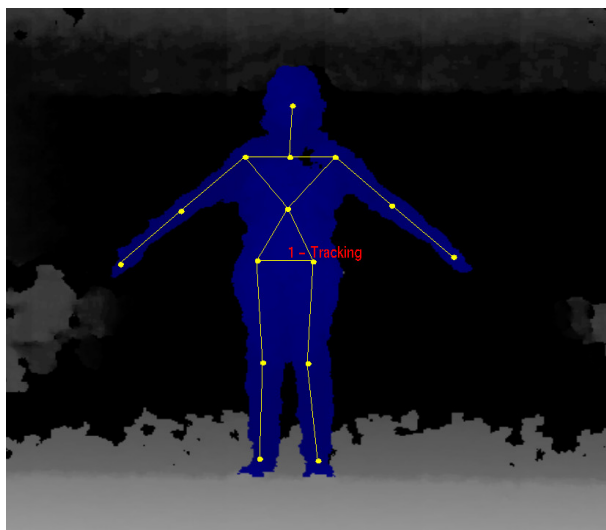
## 3.1 Detecção do Esqueleto

Para a detecção do esqueleto, é necessário fazer a calibração do corpo, para que posteriormente seja possível fazer o rastreamento dos movimentos. A calibração é realizada no início da captura, e é essencial para que o Kinect se adeque ao perfil do usuário, e possa agir com precisão e de forma sincronizada com os movimentos feitos pelo usuário. A calibração é feita automaticamente, durante alguns segundos, assim que o usuário entra em cena. Existem algumas condições para que a calibração seja feita de maneira correta:

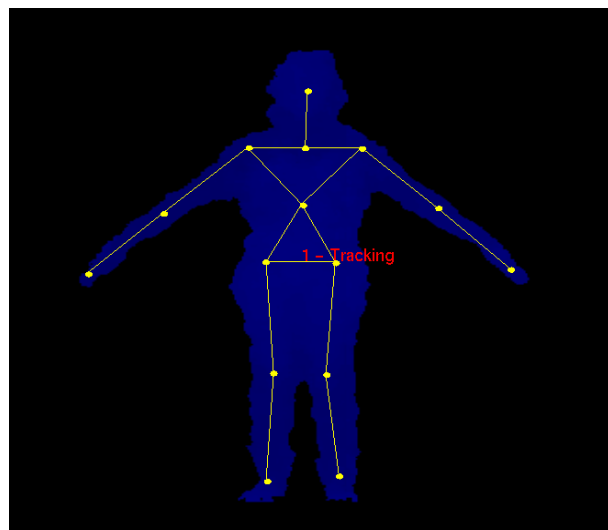
- O sensor Kinect precisa ser posicionado de uma forma que todo o corpo do usuário esteja dentro do quadro da câmera;
- O espaço utilizado deve ter uma boa iluminação, mesmo que artificialmente;
- A distância ideal para a calibração é de 2,5 metros;
- Para melhores resultados, o usuário não deve usar roupas muito soltas, para que não altere a forma do corpo;
- As mãos não devem ocultar a área do tronco e o usuário deve evitar movimentos rápidos durante a calibração (KINECT, 2010) (NITE, 2013);

Para a extração de informações das articulações das juntas foi utilizado o (OPENNI, 2012), que permite manipular e acessar os dados brutos do sensor e o (NITE, 2013) que fornece algoritmos para rastreamento de movimentos. São oferecidas 15 articulações do esqueleto para serem manipuladas, conforme demonstrado na Figura 3.2 (a) Ambiente com profundidade e (b) Ambiente sem profundidade. Na Figura 3.2 (a) os tons mais claros indicam que os objetos em cena estão mais próximos da câmera. A Figura 3.2 (c) mostra o ambiente original.

A partir das informações de posição e orientação das articulações é possível calcular geometricamente os ângulos das juntas de acordo com o método de análise postural definido, como foi mostrado na Seção 2.1.



(a) Ambiente com profundidade



(b) Ambiente sem profundidade



(c) Ambiente original

Figura 3.2: Diferentes visões do mesmo ambiente

## 3.2 Detecção de Posturas REBA

A extração das medidas angulares, conforme a metodologia REBA, é descrita a seguir.

### 3.2.1 Tronco

As juntas são representadas por vetores, que fornecem as coordenadas de posição real e orientação. Sabendo que  $\vec{v}_1$  é o vetor do tronco, e definido como  $\vec{v}_1 = \vec{OA}$  e  $\vec{v}_2$ , a projeção do vetor do tronco, definido como  $\vec{v}_2 = \vec{OB}$ . A projeção é calculada conforme a fórmula definida na Seção 2.3.2. O ângulo de flexão é calculado entre o vetor do tronco  $\vec{v}_1$  e o

vetor de sua projeção  $\vec{v}_2$ , no plano  $Pxz$ . Com os dois vetores, é calculado o produto escalar de  $\vec{v}_1$  e  $\vec{v}_2$ , e as normas, representadas por  $\|\vec{v}_1\|$  e  $\|\vec{v}_2\|$ . Com isso, obtém-se o ângulo  $\theta$  formado entre os vetores. Definida pela fórmula na Seção 2.3.1.

O ângulo de flexão lateral do tronco é calculado entre o vetor  $\vec{v}_1$  do tronco e o eixo  $Y$  do sistema de coordenadas reais. Por último, o ângulo de torção do tronco é calculado com os vetores de orientação de  $\vec{v}_1$  e de  $\vec{v}_2$ . Onde  $\vec{v}_1$  e  $\vec{v}_2$ , são definidos como:  $\vec{v}_1 = \vec{OA}$ , e  $\vec{v}_2 = \vec{OB}$ . Sendo  $\vec{v}_1$  o vetor do ponto médio entre as juntas dos ombros (direito e esquerdo), e  $\vec{v}_2$  o vetor do ponto médio entre as juntas dos quadris (direito e esquerdo). O ângulo de torção é calculado, entre a projeção do vetor de orientação de  $\vec{v}_1$  no plano  $Pxz$ , e a projeção do vetor  $\vec{v}_2$ , também no plano  $Pxz$ .

A Figura 3.3 ilustra a descrição das posições.

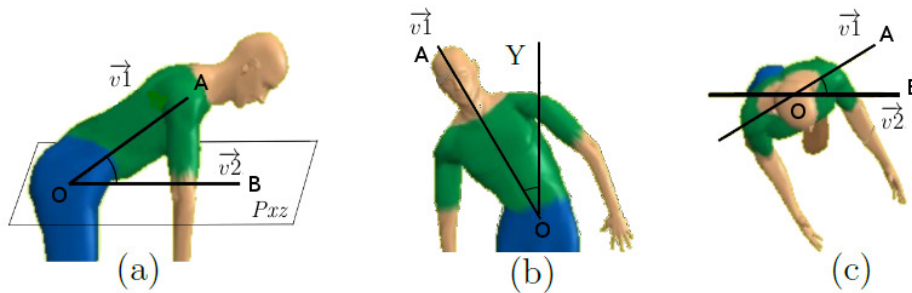


Figura 3.3: Ilustração dos ângulos do tronco: flexão(a), flexão lateral(b) e torção(c).

### 3.2.2 Pescoço

Sendo  $\vec{v}_1$ , definido como:  $\vec{v}_1 = \vec{OA}$ . O ângulo de flexão do pescoço é calculado entre o vetor da cabeça  $\vec{v}_1$  e o plano  $Pxy$ . O ângulo de flexão lateral do pescoço é calculado entre o vetor da cabeça  $\vec{v}_1$  e o plano  $Pyz$ . No caso em que o pescoço está torcido, o ângulo é calculado entre o vetor da cabeça  $\vec{v}_1$  e  $\vec{v}_2$ . Sendo  $\vec{v}_2$ , o vetor do ponto médio entre os ombros (direito e esquerdo) e definido como:  $\vec{v}_2 = \vec{OB}$ . O ângulo de torção é calculado entre a projeção do vetor da cabeça  $\vec{v}_1$ , no plano  $Pxz$ , e o vetor  $\vec{v}_2$ . Usando a fórmula definida na Seção 2.3.2, e em seguida a fórmula definida na Seção 2.3.1.

A Figura 3.4 ilustra a descrição feita.

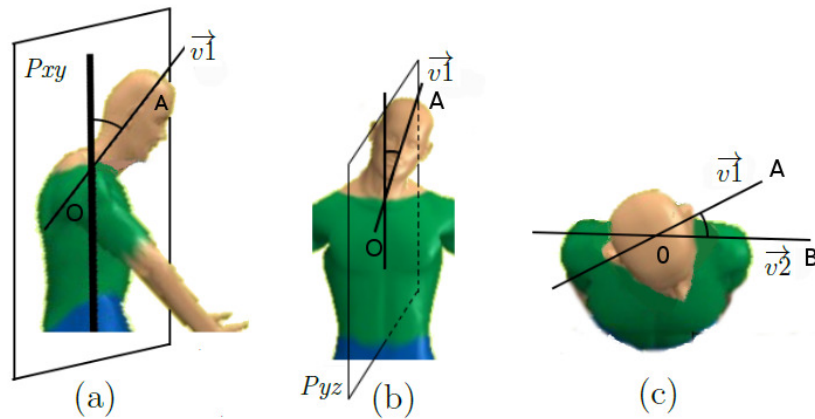


Figura 3.4: Ilustração dos ângulos do pescoço: flexão(a), flexão lateral(b) e torção(c).

### 3.2.3 Pernas

Para o ângulo de flexão das pernas foram usadas as juntas do quadril, joelho e pé. Considerando o ponto O a junta do joelho, A a junta do quadril e B a junta do pé, o vetor  $\vec{v}_1$  é definido por  $\vec{v}_1 = \vec{OA}$ , e  $\vec{v}_2$  é definido por  $\vec{v}_2 = \vec{OB}$ . Com os vetores  $\vec{v}_1$  e  $\vec{v}_2$ , é calculado o produto escalar, as normas de  $\vec{v}_1$  e  $\vec{v}_2$ , representadas por  $\|\vec{v}_1\|$  e  $\|\vec{v}_2\|$ , por fim, o ângulo  $\theta$  formado entre os vetores. Usando a fórmula definida na Seção 2.3.1.

Com alguns testes realizados, nas posições “Distribuição unilateral do peso” e “Caminhando” foi adotado um valor de referência de  $30^\circ$  de flexão do pé, para identificar se a pessoa está em uma dessas posições. Por exemplo, se a pessoa está caminhando, é considerado que seu pé está inclinado em até  $30^\circ$ . O mesmo é válido, se a pessoa está apoiada em uma das pernas ou com a postura instável, por exemplo.

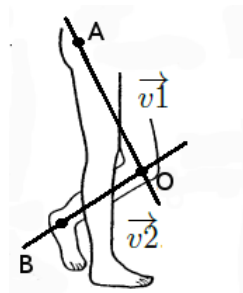


Figura 3.5: Flexão das pernas. Fonte: adaptado de (HIGNETT; MCATAMNEY, 2000)

### 3.2.4 Braço

Na medição de ângulos do braço, foram usados os vetores do ombro e do tronco, representados por  $\vec{v}_1$  e  $\vec{v}_2$ . Sendo  $\vec{v}_1 = \vec{OA}$  e  $\vec{v}_2 = \vec{OB}$ . Com a fórmula da Seção 2.3.1 é calculado o ângulo  $\theta$  formado entre os vetores, a partir do produto escalar entre  $\vec{v}_1$  e  $\vec{v}_2$ , e as normas  $\|\vec{v}_1\|$  e  $\|\vec{v}_2\|$ . O movimento de abdução, ocorre quando o braço se afasta da linha média do corpo. A abdução pode levar o braço, do plano horizontal a uma posição vertical junto à cabeça, por exemplo. Para calcular a distância do afastamento, as juntas utilizadas foram o cotovelo, ombro, pescoço e tronco. Tendo-se os vetores das juntas é calculado a distância entre cotovelo e ombro, ombro e pescoço, e cotovelo com o tronco.

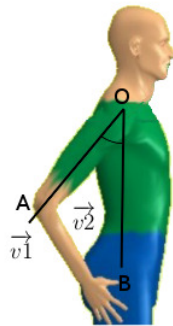


Figura 3.6: Ilustração do ângulo do braço.

### 3.2.5 Antebraço

A medição angular do antebraço foi calculada entre os vetores das juntas do cotovelo e ombro. Representadas pelos vetores  $\vec{v}_1$  e  $\vec{v}_2$ . Sendo  $\vec{v}_1 = \vec{OB}$ , e  $\vec{v}_2 = \vec{OA}$ . Com a posição dos vetores é calculado o produto escalar entre eles, e as normas  $\|\vec{v}_1\|$  e  $\|\vec{v}_2\|$ , com isso, é possível obter o ângulo  $\theta$  formado entre os vetores. Como definido na fórmula da Seção 2.3.1.

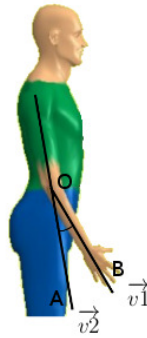


Figura 3.7: Ilustração do ângulo do antebraço.

### 3.3 Protótipo

A implementação do método proposto foi feita na IDE Eclipse, com plugin CDT, que fornece o suporte de desenvolvimento para linguagem C++, sobre a plataforma Linux e o Kinect utilizado foi a versão para Xbox 360.

As bibliotecas usadas foram o *framework* OpenNI, junto com o *middleware* NiTE que permite desenvolver aplicações baseada em Interação Natural. A classe *QtKinectWrapper* que também envolve a API OpenNI/Kinect e possibilitou a manipulação do esqueleto, as juntas e orientação de coordenadas. A Figura 3.8 ilustra a relação dos pacotes.

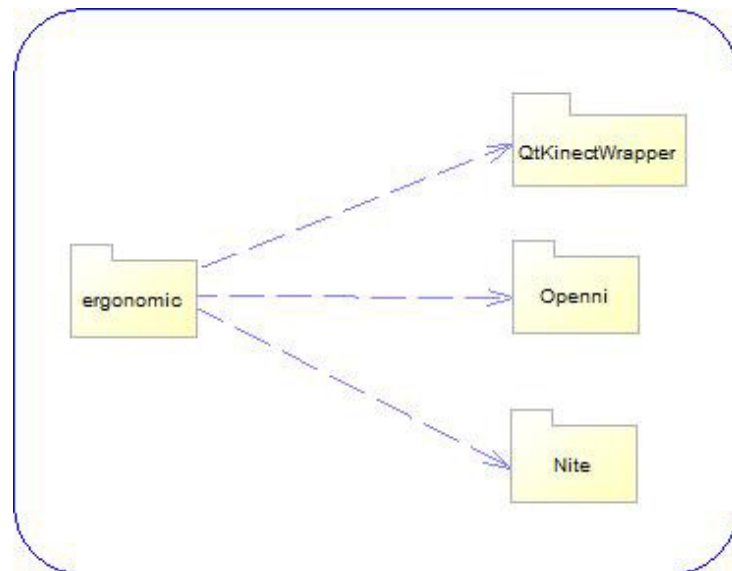


Figura 3.8: Diagrama de Pacotes

### 3.3.1 Testes e Limitações

Os testes foram realizados em um notebook com a seguinte configuração:

- Processador Intel Core i5-2430M;
- Memória RAM de 4GB;
- Placa de Vídeo AMD Radeon HD 6470M;
- Sistema Operacional Ubuntu 12.04 LTS;

Abaixo alguns casos de testes simulados:

As variáveis denominadas de DELTA A, DELTA B e DELTA C, informadas pelo usuário, são as variáveis adicionadas que indicam a pontuação extra referente ao score de cada tabela, como foi mostrado na Tabela 2.3, Tabela 2.4 e Tabela 2.5, da Seção 2.1. Essas variáveis foram passadas como entrada pelo teclado, pois não seria possível detectá-las através do Kinect.

No Teste 1, apresentado na Figura 3.9 o usuário está com as juntas dentro de uma variação normal, resultando em um nível de risco negligenciável, e sem a necessidade de medida de urgência.

```
Ângulo Pescoço: 1.64
Ângulo Pescoço Torcido: 0.01
Ângulo Pescoço Inclinado: 8.52

Ângulo Tronco: -8.69
Ângulo Tronco Torcido: 0.01
Ângulo Tronco Inclinado: 8.53

Perna Direita: 21.15
Perna Esquerda: 27.95

Ângulo Braço Esquerdo: -0.58
Ângulo Braço Direito: -2.30
Ângulo Antebraço Esquerdo: 11.42
Ângulo Antebraço Direito: 17.12

DELTA A: 0
DELTA B: 0
DELTA C: 0

GrupoA: 2
GrupoB: 1
Final Score: 1

Nível de Risco: Negligenciável
Nível de Ação Recomendada: 0
```

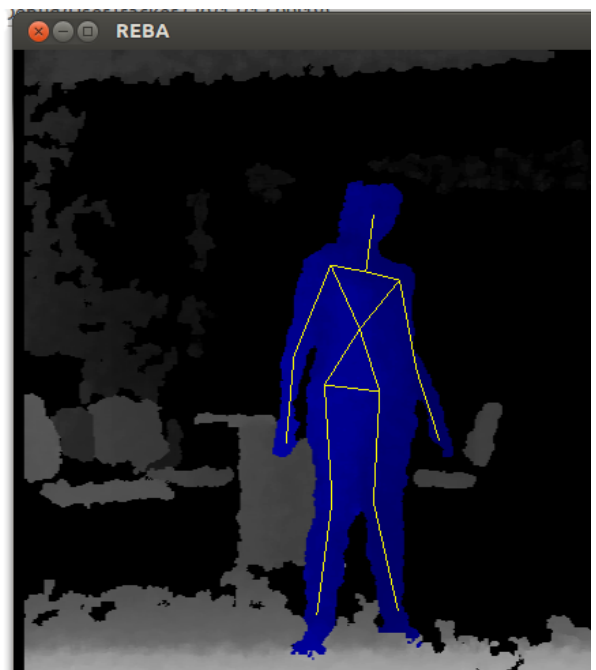


Figura 3.9: Teste 1 - Nível de Risco Negligenciável

No Teste 2, na Figura 3.10 o usuário está com a distribuição do peso apoiado em um dos pés, resultando em uma postura instável. O nível de risco detectado foi baixo, e o nível de ação a ser tomada foi de que poderá ser necessária no futuro.

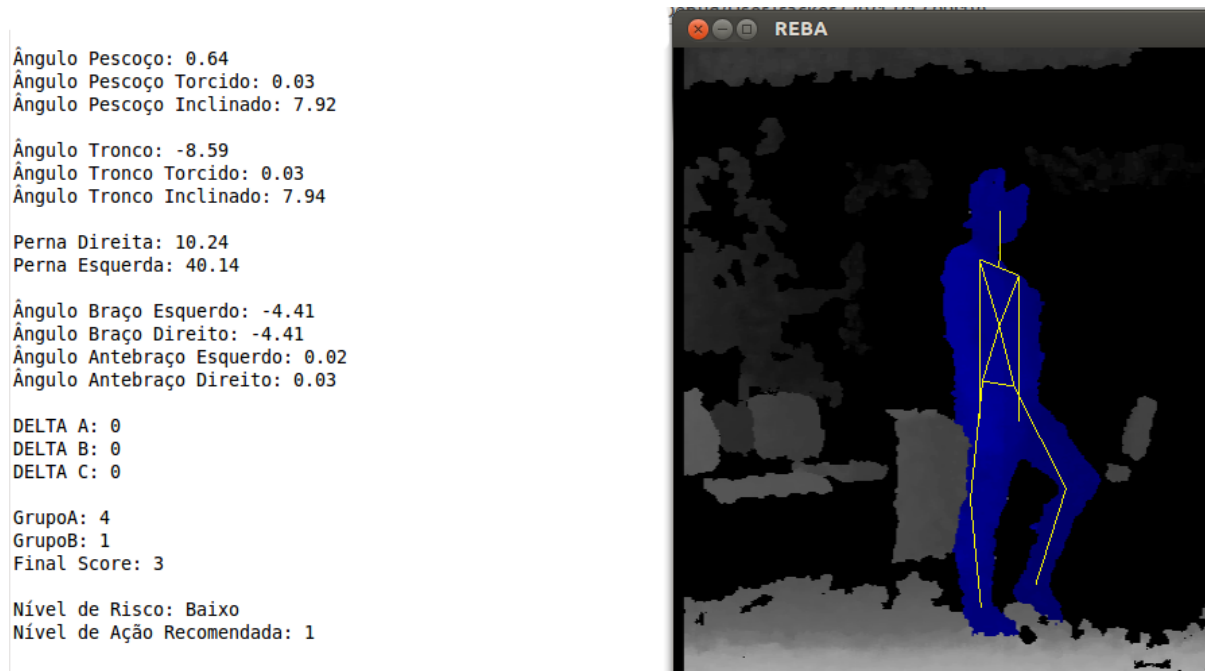


Figura 3.10: Teste 2 - Nível de Risco Baixo

No Teste 3, na Figura 3.11 o usuário está agachado, com os braços flexionados para cima, foi simulado uma situação em que ele tivesse sofrido uma desestabilização. O resultado foi um nível de risco alto, sendo necessária uma medida de ação em breve.



Figura 3.11: Teste 3 - Nível de Risco Alto



No Teste 4, na Figura 3.12, o usuário está apoiado em um dos pés, causando uma postura instável. Os braços estão flexionados para cima. Foi simulado uma situação em que ele estivesse segurando uma carga de mais de 10kg, com nível de pega inaceitável. Nessa caso, o resultado foi um nível de risco muito alto e o nível de ação recomendado foi o mais rápido possível.

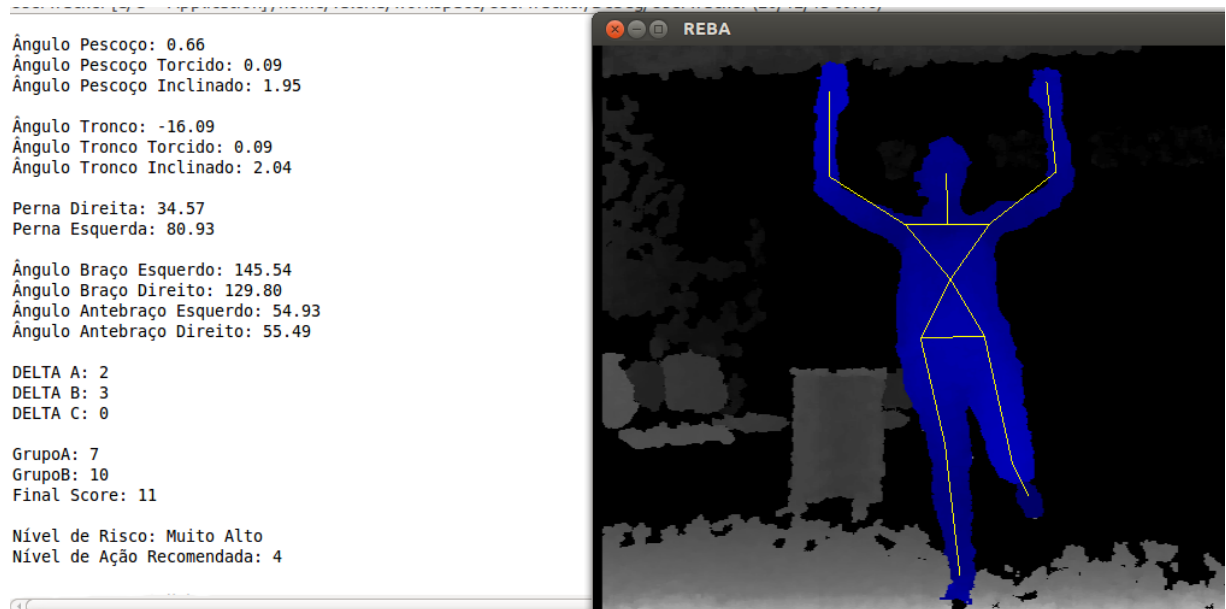


Figura 3.12: Teste 4 - Nível de Risco Muito Alto

Algumas limitações foram encontradas no decorrer deste trabalho. No caso de análise de score das pernas, é necessário detectar se a pessoa está sentada. O NiTE oferece a calibração automática apenas no caso em que o usuário esteja em pé, sendo necessário implementar manualmente a calibração quando a pessoa está sentada.

A junta do pulso, não é implementada pelo OpenNI. A análise foi feita levando em consideração apenas o caso básico, onde existe o movimento de Flexão ou Extensão em até 15°.

## 4 Considerações Finais

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de uma metodologia para reconhecimento de posturas através do uso da câmera de profundidade Kinect, possibilitando a detecção de posturas incorretas, levando em consideração importantes variáveis como: peso na movimentação de cargas, características do tipo de atividade exercida, e o impacto causado no corpo pelo desempenho da atividade. Como resultado, é indicado o nível de risco e a urgência em que deve ser tomada alguma ação.

A avaliação postural dessa forma, é inovadora, pois automatiza a técnica de avaliação de posturas em uma tarefa, e agiliza o processo de tomada de decisão, por parte do profissional de ergonomia, oferecendo um resultado preciso.

Todas as etapas da metodologia foram executadas de forma rápida e satisfatória. As falhas e problemas na detecção, foram causadas por erros na calibração do Kinect, e por fatores (posicionamento da câmera, iluminação do ambiente, distância entre o usuário e a câmera) que influenciam no cálculo dos ângulos. Nesses casos, os valores obtidos são alterados e não correspondem aos valores reais.

O movimento de extensão do braço possui uma margem de erro, a variação do ângulo negativo, às vezes não tem o valor preciso. Não foi possível calcular o movimento “ombros levantados”, condição que pertence à análise dos braços, pois há uma falha na localização dos ombros. As tarefas dinâmicas são difíceis de serem observadas em relação as tarefas em posições estáticas, pois a análise proposta na metodologia é feita em tempo real. Nesse caso, seria necessário observar a variação das posições durante a execução da tarefa, buscando encontrar um parâmetro mais estável para se chegar a um resultado mais preciso.

A tecnologia utilizada é de baixo custo e de fácil acesso, e pode ser facilmente implantada para profissionais e instituições que trabalhem com a avaliação de posturas. Para dar continuidade a pesquisa, sugere-se como trabalho futuro: fazer uma validação da metodologia desenvolvida, implementar o gesto do pulso, que até então, não é oferecido pelo OpenNI, implementar a calibração automática, quando o usuário estiver sentado, e incluir outras metodologias de análise ergonômica para um resultado comparativo.

## Referências Bibliográficas

ASUS. *Asus*. 1989. Disponível em <http://www.asus.com/> Acesso em: 16 de Janeiro de 2014.

BURTON, J. *WHO Healthy Workplace Framework and Model: Background and Supporting Literature and Practices*. [S.l.], 2010. World Health Organization.

DUTTA, T. Evaluation of the Kinect sensor for 3-D kinematic measurement in the workplace. *Applied Ergonomics*, Volume 43, p. 645 – 649, Julho 2012. Disponível em <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003687011001529> Acesso em: 16 de Janeiro de 2014.

GARAGE, W. *Willow Garage*. 2006. Disponível em <http://www.willowgarage.com/> Acesso em: 16 de Janeiro de 2014.

HIGNETT, S.; MCATAMNEY, L. Rapid entire body assessment (reba). *Applied Ergonomics*, v. 31, p. 201–205, Abril 2000.

IIDA, I. *Ergonomia Projeto e Produção*. 2ª. ed. [S.l.]: Edgard Blücher, 2005. 359 p.

KINECT. *Kinect Web Site*. 2010. Disponível em <http://www.xbox.com/en-US/kinect> Acesso em: 16 de Janeiro de 2014.

LEÃO, K. V. *Detecção e classificação de posturas, conforme metodologia OWAS, usando câmeras de profundidade*. São Luís, Fevereiro 2013. Dissertação de Mestrado.

LIAO, T.-Y.; MIAOU, S.-G.; LI, Y.-R. A vision-based walking posture analysis system without markers. *Signal Processing Systems (ICSPS), 2010 2nd International Conference*, v. 3, p. 254–258, 2010.

LIMA, R. de B. *Curso Básico de Vetores*. São Paulo: T.A. Queiroz, 1981. 159 p.

MAENO, M. et al. *Lesões por Esforços Repetitivos (LER) Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT)*. Brasília, 2001. Série A. Normas e Manuais Técnicos, n.º 103.

- MICROSOFT. *Projeto Natal 101*. 2009. Disponível em <http://www.microsoft.com>  
Acesso em: 16 de Janeiro de 2014.
- MTE, M. do Trabalho e E. *Manual de aplicação da Norma Regulamentadora nº 17*. 2º. ed. [S.l.], 2002.
- NAYAR, N. Deneb/ergo: a simulation based human factors tool. *WSC '95 Proceedings of the 27th conference on Winter simulation*, p. 427–431, Janeiro 1995.
- NITE. *Natural Interaction Middleware*. 2013. Disponível em <http://www.openni.org/files/nite/> Acesso em: 16 de Janeiro de 2014.
- OLIVEIRA, R. M. R. de. *A Abordagem das Lesões por Esforços Repetitivos/Distúrbios Osteomusculares Relacionadas ao Trabalho - LER/DORT no Centro de Referência de Saúde do Trabalhador do Espírito Santo-CRST/ES*. Rio de Janeiro, Setembro 2001. Dissertação de Mestrado.
- OPENNI. *Open Natural Interaction*. 2012. Disponível em <http://www.openni.org/openni-programmers-guide/> Acesso em: 16 de Janeiro de 2014.
- PAVANI, R. A.; QUELHAS, O. L. G. A avaliação dos riscos ergonômicos como ferramenta gerencial em saúde ocupacional. *XIII SIMPEP*, São Paulo, Novembro 2006.
- PRIMESENSE. *Primesense*. 2011. Disponível em <http://www.primesense.com> Acesso em: 16 de Janeiro de 2014.
- QUINTANILHA, D. B. P. *Estimação e Análise Automática de Parâmetros de Postura Ergonômica usando Sensor de Profundidade*. São Luís, Fevereiro 2013. Dissertação de Mestrado.
- RAY, S. J.; TEIZER, J. Real-time construction worker posture analysis for ergonomics training. *Advanced Engineering Informatics*, v. 26, p. 439–455, Abril 2012.
- STEINBRUCH, A.; WINTERLE, P. *Geometria Analítica*. 3º. ed. [S.l.]: Makron Books, 1987.
- WHITMAN, L. E. et al. Virtual Reality: Its Usefulness for Ergonomic Analysis. *WSC 04 Proceedings of the 36th conference on Winter simulation*, p. 1740–1745, 2004.