



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS 1 – CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS  
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**LUCAS MYLLENNO SILVA MONTEIRO LIMA**

**BIKE SENSE: UM SISTEMA DE ADEQUAÇÃO ERGONÔMICA PARA O  
CICLISMO**

**CAMPINA GRANDE, PB  
2017**

**LUCAS MYLLENNO SILVA MONTEIRO LIMA**

**BIKE SENSE: UM SISTEMA DE ADEQUAÇÃO ERGONÔMICA PARA O  
CICLISMO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Ciência da Computação da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito à obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

**Orientador:** Prof. Dr. Frederico Moreira Bublitz.

**CAMPINA GRANDE, PB  
2017**

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

L732b Lima, Lucas Mylленно Silva Monteiro.  
Bike Sense [manuscrito] : um sistema de adequação ergonômica para o ciclismo / Lucas Mylленно Silva Monteiro Lima. - 2017.  
64 p. : il. colorido.

Digitado.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Computação) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2017.  
"Orientação : Prof. Dr. Frederico Moreira Bublitz, Departamento de Computação - CCT."

1. Ciclismo. 2. Lesões. 3. Ergonomia. 4. Rastreamento corporal.

21. ed. CDD 005.3

LUCAS MYLLENNO SILVA MONTEIRO LIMA

BIKE SENSE: UM SISTEMA DE ADEQUAÇÃO ERGONÔMICA PARA O CICLISMO

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Ciência da Computação da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito à obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

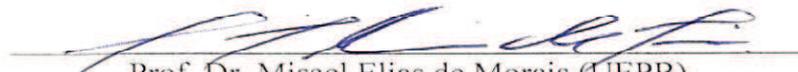
Aprovada em 18 de Dezembro de 2017.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dr. Frederico Moreira Bublitz (UEPB)  
Orientador(a)



---

Prof. Dr. Misael Elias de Moraes (UEPB)  
Examinador(a)



---

Prof. Dr. Andrei Guilherme Lopes (UEPB)  
Examinador(a)

À Deus, por toda a sabedoria que me deu para superar os obstáculos e seguir os meus objetivos. Aos meus pais, **Jovelina Silva Monteiro Lima e Marcos Antônio Monteiro Lima**, pelos ensinamentos, carinho e apoio que me fizeram crescer e enfrentar o mundo. E as minhas irmãs, **Morganna Mayarah e Monalyza Myllenna**, por fazerem parte da minha vida com incentivo e motivação.

## AGRADECIMENTOS

À **Deus**, por ser tão maravilhoso, grandioso e perfeito em tudo o que faz. Está comigo em todos os momentos, me guiando nas conquistas desta longa caminhada, me trazendo novos amigos, conhecimento e realização pessoal.

À **minha família**, que sempre me apoiou, me motivou, me ajudou e me deu condições para seguir os meus sonhos.

Ao **meu orientador, o Prof. Dr. Frederico Bublitz**, que me deu a oportunidade de desenvolver este projeto e outros que me fizeram crescer em conhecimento pessoal e profissional. Além de toda a paciência que teve comigo durante esse tempo.

Ao **Prof. Dr. Andrei Lopes**, pela amizade, os presentes, a contribuição e os direcionamentos que me ajudaram na conclusão deste trabalho.

Ao **meu amigo Túlio Costa**, companheiro de laboratório, que sempre esteve lá quando precisei e me guiou sabiamente com as suas dicas e conselhos.

À **todos os meus amigos da universidade e do colégio**, que fizeram parte da minha rotina e da minha vida, com companheirismo, apoio e conversas agradáveis.

Ao **Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde - NUTES**, por permitir a realização deste projeto.

“Criatividade é apenas conectar coisas. Quando você pergunta a pessoas criativas como elas criaram algo, elas se sentem culpadas, pois não criaram algo de fato, apenas viram alguma coisa.” (Steve Jobs)

## RESUMO

A ergonomia no ciclismo é um fator importante para a prevenção de lesões musculoesqueléticas e o aperfeiçoamento da performance. Estudos realizados por diferentes autores relacionaram o ajuste da bicicleta à busca por conforto e desempenho, resultando na criação de métodos responsáveis pela identificação da configuração apropriada que se adéque às características físicas do ciclista. Essas metodologias baseiam-se em avaliações ergonômicas do ciclista. Atualmente as técnicas comerciais utilizam equipamentos precisos de rastreamento das articulações do corpo e profissionais com conhecimentos específicos para auxílio na avaliação, tornando-se um investimento desmotivante para pessoas que usam o ciclismo como entretenimento. Visando esses desafios de custos e buscando promover avaliações simples, rápidas e sem a necessidade de um profissional, é proposto o Bike Sense, um sistema focado na avaliação de ciclistas utilizando um sensor de rastreamento com um custo abaixo do que é sugerido em técnicas comerciais e com uma precisão comparada a sistemas de última geração, proporcionando ao ciclista a opção de realizá-la em ambiente domiciliar.

**Palavras-chave:** Ciclismo. Lesões. Ergonomia. Sensor. Rastreamento Corporal.

## ABSTRACT

Ergonomics in cycling is an important factor for the prevention of musculoskeletal injuries and improving performance. Studies carried out by different authors related the adjustment of the bicycle to the search for comfort and performance, resulting in the creation of methods responsible for identifying the appropriate configuration that conforms to the physical characteristics of the cyclist. These methodologies are based on ergonomic evaluations of the cyclist. Commercial techniques currently use accurate body-jointed tracking equipment and professionals with specific knowledge to assist in the evaluation, making it an unmotivated investment for people who use cycling as entertainment. Aimed at circumventing these cost challenges and seeking to promote evaluations simple, fast and without the need of a specialized professional, the Bike Sense is proposed, a system focused on the evaluation of cyclists using a tracking sensor with a cost below what is suggested in commercial techniques and with a precision compared to systems of last generation, giving the cyclist the option to perform it in a home environment.

**Keywords:** Cycling. Injuries. Ergonomics. Sensor. Body Tracking.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Modelos de Bicicletas . . . . .	16
Figura 2 – Cenário de Aplicação do NuSense (COSTA, 2016) . . . . .	26
Figura 3 – Arquitetura do NuSense (COSTA, 2016) . . . . .	27
Figura 4 – Sensor Kinect v2 . . . . .	27
Figura 5 – Plano Cartesiano de Coordenadas do Kinect . . . . .	28
Figura 6 – Articulações Rastreadas pelo Kinect v2 . . . . .	28
Figura 7 – Arquitetura do Bike Sense . . . . .	32
Figura 8 – Requisitos Mínimos de <i>Software</i> e <i>Hardware</i> . . . . .	34
Figura 9 – Instrução de Conexão do Kinect ao Computador . . . . .	34
Figura 10 – Método de Ergonomia de Burt (2014) para Bicicletas de Montanha . . . . .	35
Figura 11 – Equação do Ângulo entre Três Articulações . . . . .	36
Figura 12 – Cálculo da Distância entre Duas Articulações . . . . .	36
Figura 13 – Recomendações de Posicionamento para a Avaliação . . . . .	37
Figura 14 – Recomendações de Cores para a Avaliação . . . . .	37
Figura 15 – Menu de Funcionalidades Principais do Sistema . . . . .	38
Figura 16 – Avaliação de Antropometria em Tempo Real . . . . .	39
Figura 17 – Menu com Atividades de Antropometria . . . . .	39
Figura 18 – Avaliação de Postura em Tempo Real . . . . .	40
Figura 19 – Menu com Atividades de Análise de Postura . . . . .	41
Figura 20 – Cenário de Avaliação Completa . . . . .	42
Figura 21 – Avaliação de Antropometria . . . . .	43
Figura 22 – Relatório Final de Antropometria . . . . .	43
Figura 23 – Avaliação de Postura Inferior . . . . .	44
Figura 24 – Avaliação de Postura Superior . . . . .	44
Figura 25 – Relatório Final de Ergonomia . . . . .	45
Figura 26 – Assistente de Medição dos Componentes da Bicicleta . . . . .	46
Figura 27 – Tela de Recomendações para a Avaliação . . . . .	46
Figura 28 – Assistente de Verificação da Posição do Sensor . . . . .	47
Figura 29 – Assistente de Verificação do Posicionamento do Ciclista . . . . .	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Componentes da Bicicleta . . . . .	15
Tabela 2 – Revisão Sistemática das Lesões Relacionadas ao Ciclismo . . . . .	19
Tabela 3 – Metodologia de Configuração de Bicicletas de <a href="#">Grainger, Dodson e Korff</a> . . . . .	21
Tabela 4 – Metodologia de Configuração de Bicicletas de <a href="#">Schmidt</a> . . . . .	21
Tabela 5 – Metodologia de Configuração de Bicicletas de <a href="#">Thompson e Rivara</a> . . . . .	22
Tabela 6 – Metodologia de Configuração de Bicicletas de <a href="#">Burt</a> . . . . .	22
Tabela 7 – Distância entre os Componentes da Bicicleta . . . . .	24
Tabela 8 – Acesso às Informações do Desenvolvimento . . . . .	33
Tabela 9 – Ajustes Definidos para Bicicletas de Montanha . . . . .	35
Tabela 10 – Código do Cálculo do Ângulo entre Três Articulações . . . . .	36
Tabela 11 – Código do Cálculo da Distância entre Duas Articulações . . . . .	36
Tabela 12 – Resultado da Antropometria do Ciclista . . . . .	48
Tabela 13 – Resultado da Configuração Indicada para a Bicicleta . . . . .	48
Tabela 14 – Resultado da Ergonomia do Ciclista . . . . .	49
Tabela 15 – Resultado dos Ajustes Alcançados pela Bicicleta . . . . .	50
Tabela 16 – Resultado dos Ajustes Baseado no Método de <a href="#">Hsiao, Chen e Leng (2015)</a> . . . . .	50

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D Três Dimensões (plano cartesiano [X,Y,Z])

API *Application Programming Interface*

RGB *Red Green Blue*

SDK *Software Development Kit*

USB *Universal Serial Bus*

PDF *Portable Document Format*

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	O Ciclismo	14
2.2	A Bicicleta	14
2.2.1	Componentes	14
2.2.2	Modelos	15
2.2.3	Configurações	16
2.3	A Ergonomia no Ciclismo	17
2.3.1	Lesões e Desconfortos	18
2.3.2	Métodos de Ajustes da Bicicleta	21
2.3.3	Técnicas de Avaliação	24
2.4	O Framework NuSense	25
2.5	O Sensor Kinect v2	27
3	METODOLOGIA	30
4	BIKE SENSE	31
4.1	Desenvolvimento e Arquitetura	31
4.2	Requisitos de Software e Hardware	33
4.3	Técnicas Utilizadas na Avaliação	34
4.4	Implementação do Métodos	35
4.5	Recomendações da Avaliação	37
4.6	Funcionalidades do Sistema	38
4.6.1	Tipos de Avaliações	38
4.6.1.1	Avaliação Livre	39
4.6.1.2	Avaliação Completa	41
4.6.2	Outros Recursos de Auxílio	45
4.7	Disponibilidade do Sistema	47
5	ESTUDO DE CASO	48
5.1	Avaliação Realizada	48
5.2	Resultados Obtidos	49
5.3	Discussão e Soluções	51
6	CONCLUSÃO	52
	REFERÊNCIAS	53
	APÊNDICE A - REQUISITOS FUNCIONAIS DO SISTEMA	56
	APÊNDICE B - REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS DO SISTEMA	60
	APÊNDICE C - RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DO CICLISTA	61

## 1 INTRODUÇÃO

A prática de exercícios físicos é fundamental para manter a boa saúde, contribuindo na prevenção de doenças no corpo (WARBURTON; NICOL; BREDIN, 2006). O ciclismo é um exemplo de atividade física que fornece ótimos benefícios para a saúde dos praticantes (OJA *et al.*, 2011). É um hábito presente em diferentes culturas, servindo como esporte, lazer e contextos clínicos (GRAINGER; DODSON; KORFF, 2017).

O ciclismo é uma atividade que demanda esforço físico e muitas vezes requer que o praticante permaneça uma quantidade de tempo considerável na bicicleta, isso exige uma atenção especial para a postura sustentada (THOMPSON; RIVARA, 2001). Uma postura ruim pode trazer lesões musculoesqueléticas no corpo (OSER; OSER; SILVIS, 2013).

O estudo da ergonomia fornece conhecimentos na busca por otimizações da interação humana em várias atividades esportivas, em termos de necessidades e limitações do corpo. Sua aplicação é um requisito essencial para o provimento de conforto, segurança e desempenho (IEA, 2000).

No ciclismo a ergonomia é um tema presente em muitos estudos na literatura. Tais estudos buscam eliminar boa parte das lesões musculoesqueléticas (HAYOT *et al.*, 2012), definindo a configuração apropriada para a bicicleta do ciclista de acordo com as suas características físicas (BURT, 2014). De um modo geral, fundamentam-se com base em avaliações antropométricas e análises posturais na bicicleta (THOMPSON; RIVARA, 2001).

As avaliações comerciais, conhecidas como *Bike Fit*, são realizadas por profissionais que utilizam equipamentos precisos de rastreamento e capturas do movimento do corpo, um exemplo é o sistema Retül (BURT, 2014). Essas técnicas podem chegar a custos consideráveis, principalmente quando o ciclista precisa participar de mais sessões, revisar a avaliação ou ajustar mais de uma bicicleta. A sua realização impulsiona um investimento que muitas pessoas não podem custear devido a sua condição financeira, além disso, os avaliadores precisam ser bem treinados para manusear as ferramentas corretamente.

Existem meios capazes de monitorar o comportamento humano e podem ser usados como ferramentas para facilitar aplicações de ergonomia (HO *et al.*, 2016), permitindo a coleta de dados corporais de maneira simples e rápida (HUANG; PAN, 2014), com um valor comercial mais acessível. Um exemplo é o Microsoft Kinect, um sensor que consegue mapear as coordenadas das articulações do corpo (XU *et al.*, 2017), chegando a ser comparado a ferramentas comerciais de alta precisão com custos elevados (HAGGAG H.; HOSSNY, 2013).

O objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema, chamado Bike Sense, que auxilie em avaliações ergonômicas de ciclistas para o ajuste correto da bicicleta, no intuito de elevar o conforto e prevenir a ocorrência de lesões. Ele utiliza o sensor Kinect para capturar os dados do corpo, propondo o auxílio em avaliações de maneira rápida, simples e prática, fornecendo *feedbacks* em tempo real e diminuindo os custos se comparado às técnicas e sistemas comerciais focados no mesmo tipo de avaliação. Levando em conta que o sistema utiliza equipamentos populares e de fácil acesso, ele pode ser utilizado em ambiente domiciliar, quantas vezes o ciclista desejar, sem exigir treinamento especializado, conhecimentos técnicos e outros equipamentos que não sejam os necessários para a sua utilização.

A finalidade do projeto não é criar novos métodos de configurações de bicicletas, nem validar os métodos utilizados para entender se os ajustes condizem com o conforto do ciclista. O intuito é utilizar os métodos existentes na literatura e aplicar de maneira prática, simples e segura com uso do Kinect por meio do *framework* NuSense (COSTA, 2016), sendo ele um sensor com um custo abaixo dos sensores padrão de ouro e mantendo o nível de confiabilidade dos dados. Além disso, o projeto propõe um custo viável para as avaliações ergonômicas se comparado às técnicas comerciais.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Será realizada uma breve introdução do ciclismo e da bicicleta, fornecendo informações necessárias para a contextualização das lesões ocasionadas por uma ergonomia incorreta, dos estudos e dos métodos fornecidos para o ajuste adequado da bicicleta, abordando as técnicas de avaliação e os fatores motivacionais para a criação do Bike Sense.

### 2.1 O CICLISMO

O exercício físico é fundamental para manter a boa saúde (OSER; OSER; SILVIS, 2013). Recomenda-se que os adultos entre 18 e 64 anos pratiquem exercícios físicos num período de 150 a 300 minutos de maneira moderada ou 75 a 150 minutos de maneira intensa, divididos entre 3 a 5 dias na semana, pois esta prática melhora a função cardiorrespiratória, a aptidão muscular, a saúde óssea e outros benefícios (WHO, ). Há evidências da eficácia da atividade física na prevenção primária e secundária de doenças crônicas, como doenças cardiovasculares, diabetes, câncer, hipertensão, obesidade e depressão (WARBURTON; NICOL; BREDIN, 2006).

O ciclismo é uma atividade física de recreação, esportes e contextos clínicos (GRAINGER; DODSON; KORFF, 2017). Ele promove entretenimento a ciclistas de todas as idades e a sua prática favorece a saúde física e mental, melhorando a aptidão e o bem-estar. Seus benefícios são potenciais para a saúde, pois eleva as funções cardiorrespiratórias e metabólicas do corpo em uma ampla gama de intensidades (OJA *et al.*, 2011). A bicicleta é utilizada na prática do ciclismo e compõe uma diversidade de fatores que agem de maneira positiva ou negativa sobre o corpo do ciclista.

### 2.2 A BICICLETA

A bicicleta é um produto global presente em quase todas as culturas do mundo (REBELO *et al.*, 2015). O seu progresso derivou uma variedade de modelos e configurações de componentes com diferentes objetivos.

#### 2.2.1 Componentes

As bicicletas são compostas por componentes que juntos realizam o domínio da atividade de pedalada, eles são importantes para o controle de direção, movimento e o conforto do ciclista. Na Tabela 1 é apresentado os principais elementos que compõem a

bicicleta e que serão citados no decorrer deste trabalho.

Tabela 1 – Componentes da Bicicleta

Componente	Descrição
	<b>Guidão:</b> Componente onde o ciclista apoia as mãos para controlar a direção da bicicleta.
	<b>Mesa:</b> Componente que fica interligado ao quadro da bicicleta e sustenta o guidão.
	<b>Sela:</b> Componente onde o ciclista permanece sentado durante o ciclismo.
	<b>Quadro:</b> Componente que interliga todos os outros componentes.
	<b>Pedivela:</b> Componente que sustenta o pedal.
	<b>Pedal:</b> Componente onde o ciclista apoia o pé e dá impulso ao movimento de pedalada.

### 2.2.2 Modelos

A bicicleta evoluiu desde a sua criação e derivou uma variedade de modelos importantes no progresso do ciclismo. Tais modelos focam em gostos pessoais, conforto e desempenho. Os componentes são configurados para diferentes estilos com o objetivo de trazer uma melhor ambientação para o ciclista. As bicicletas são separadas em duas categorias: desempenho e recreação. As bicicletas que fazem parte da categoria de desempenho são escolhidas por ciclistas profissionais e entusiastas que focam na performance pessoal. Já as bicicletas de recreação são optadas por pessoas que usam o ciclismo como entretenimento e desejam apenas o conforto durante a prática. Na Figura 1 são apresentados todos os modelos de bicicletas que serão citados neste trabalho.



Figura 1 – Modelos de Bicicletas

### 2.2.3 Configurações

As bicicletas são projetadas para atender às necessidades específicas que geralmente estão associadas a conforto, eficiência e segurança (BALASUBRAMANIAN; JAGANNATH; ADALARASU, 2014). O desconforto pode estar associado a uma fraca ergonomia (BURT, 2014), além de componentes inapropriados para o ciclista (CHEN; LIU, 2014) e vibrações constantes no corpo, provenientes de estradas irregulares (VANWALLEGHEM *et al.*, 2012) e da pressão elevada nos pneus (RICHARD *et al.*, 2015).

A vinculação do ajuste de componentes ao conforto do ciclista eleva a dificuldade de padronização no desenvolvimento de bicicletas (AYACHI; DOREY; GUASTAVINO, 2015). Para o desenvolvedor é difícil estimar os efeitos na qualidade da bicicleta em relação a percepção de conforto do ciclista (VANWALLEGHEM *et al.*, 2012), com isso a personalização de componentes tornou-se uma tendência entre os ciclistas (HSIAO; CHEN; LENG, 2015).

A variação de modelos torna essencial a comparação das respostas fisiológicas dos ciclistas em diferentes categorias (BALASUBRAMANIAN; JAGANNATH; ADALARASU, 2014). Existem métodos para definir a configuração apropriada com base nas características físicas e posturais do ciclista (THOMPSON; RIVARA, 2001).

### 2.3 A ERGONOMIA NO CICLISMO

A ergonomia, de modo geral, é uma ciência que estuda as características físicas, cognitivas e organizacionais entre seres humanos e outros elementos de um sistema, aplicando princípios, dados e métodos para otimizar o bem-estar e o desempenho geral, harmonizando a interação em termos de necessidades, habilidades e limitações das pessoas. A ergonomia física se preocupa com as características anatômicas, antropométricas, fisiológicas e biomecânicas humanas nas atividades físicas, analisando posturas, manipulação de componentes, movimentos repetitivos, distúrbios musculoesqueléticos, ambientes de interação, saúde e segurança (IEA, 2000).

A antropometria é um importante ramo presente na ergonomia. Ela lida com medidas corporais, tais como dimensão do corpo, forma, força, mobilidade, flexibilidade e capacidade de trabalho. O corpo humano varia de pessoa para pessoa, em dimensões, proporções, formas e outras características, portanto, os estudos centrados no usuário requerem uma compreensão dessas variações (PHEASANT; HASLEGRAVE, 2016).

O efeito da ergonomia sobre o desempenho do ciclista tem sido amplamente investigado na literatura. Acredita-se que para chegar a uma ótima postura deve-se encontrar um equilíbrio de ajuste na busca por prevenção de lesões e elevação do desempenho pessoal (HAYOT *et al.*, 2012). O conforto é determinado por uma combinação de fatores físicos e psicológicos (AYACHI; DOREY; GUASTAVINO, 2015). Uma postura incorreta pode levar a uma série de lesões e afetar o desempenho no exercício (BALASUBRAMANIAN; JAGANNATH; ADALARASU, 2014). A postura do ciclista na bicicleta varia de acordo com as suas motivações e características físicas, além disso, a bicicleta precisa ser adaptada para cada indivíduo separadamente, primeiro porque a antropometria varia de pessoa para pessoa, e segundo porque as motivações têm efeitos na posição de condução desejada (GRAINGER; DODSON; KORFF, 2017). Não há um padrão para descobrir a ergonomia perfeita, pois ela varia de acordo com o interesse, a flexibilidade e os propósitos do ciclista, podendo ele ter diferentes objetivos, como a busca por potência, conforto, aerodinâmica e prevenção de lesões (BURT, 2014).

Uma pesquisa foi realizada (AYACHI; DOREY; GUASTAVINO, 2015) pela internet com 244 ciclistas e entusiastas, com o objetivo de determinar os elementos que contribuem para o conforto dos ciclistas. Levando em consideração os fatores ambientais, os fatores relacionados ao ciclista e os fatores relacionados aos componentes da bicicleta, relatou-se que há vários problemas que podem influenciar no conforto, como por exemplo, as vibrações causadas por componentes da bicicleta, uma ergonomia ruim, o clima, o trânsito e também a qualidade das estradas. Concluiu-se que a maioria dos ciclistas consideram que o conforto influencia no seu desempenho e por tanto também deve ser uma preocupação para os fabricantes de bicicletas.

### 2.3.1 Lesões e Desconfortos

Partindo do princípio de que há diferentes tipos de lesões ocasionadas no ciclismo, sendo elas relatadas como consequência de fatores ambientais, físicos e mecânicos. Uma revisão sistemática foi realizada (OSER; OSER; SILVIS, 2013) para identificar os variados tipos de lesões relacionadas a corridas e ao ciclismo, além das informações essenciais sobre os sintomas, causas e prevenções. Apresenta-se na Tabela 2 as características das lesões relacionadas ao ciclismo que estão presentes nesta revisão.

A postura e o desempenho do ciclista pode ser otimizado verificando as potências exercidas nas articulações do corpo. Um estudo foi realizado (HAYOT *et al.*, 2012) com 14 ciclistas competitivos e triatletas utilizando um cicloergômetro estacionário, com o objetivo de comparar as potências exercidas em três articulações do ciclista (tornozelo, joelho e quadril) e em quatro diferentes configurações da sela (preferida, mais para trás, intermediária e mais para frente) que por consequência alterariam a postura do ciclista. Utilizou-se sensores de força para realizar as devidas medições. Concluiu-se que a sela mais para frente aumenta a performance do ciclista, por outro lado gera forças maiores no joelho, o que viria a ser um motivo de queixas futuramente, enquanto que a sela mais para trás é mais confortável na região baixa das costas e no pescoço, melhorando a prevenção de lesões.

De acordo com outras metodologias (SCHIMIDT, 2012), o ponto de partida para uma postura consistentemente confortável é o posicionamento correto da pelve, pois a consequência de uma pelve incorretamente inclinada é a causa dores em pontos completamente diferentes do corpo, além disso, o ciclista deve usar ativamente todos os músculos possíveis ao andar de bicicleta, aliviando a pressão em suas mãos, nádegas e pés, sendo esses os três pontos de contato com a bicicleta. Outros estudos (HSIAO; CHEN; LENG, 2015) relatam que o corpo curvado para frente desloca uma parte do peso do ciclista para os braços, permitindo que a coluna seja estendida e diminua as pressões nos discos intervertebrais. Mas essa postura não deve ser mantida por longos períodos, já que uma postura mais ereta facilita a extensão do tórax, trazendo uma respiração mais suave e menos pressão sobre pescoço, costas, braços, mãos e ombros.

Tabela 2 – Revisão Sistemática das Lesões Relacionadas ao Ciclismo

Lesão	Sintomas	Motivos	Correção
Tendinopatia de Aquiles	Os pacientes apresentam lesão aguda com a súbita sensação de ser atingida na parte de trás do calcanhar.	Uso excessivo, posição do ciclismo e ajuste incorreto da bicicleta (apud SILBERMAN et al., 2005; apud WANICH et al., 2007).	Regular a altura da sela e usar sapatos que alinhem adequadamente a rotação e a posição do pé no pedal (apud WANICH et al., 2007; THOMPSON; RIVARA, 2001).
Síndrome do Compartimento Externo Crônico	Os pacientes descrevem como uma dor maçante ou sensação de queimação no compartimento envolvido da perna (anterior, posterior profundo, posterior superficial ou lateral).	Aumento da pressão que leva a uma diminuição no fluxo sanguíneo (apud WANICH et al., 2007; apud GEORGE; HUTCHINSON, 2012).	Realizar alongamentos e ortopedia.
Síndrome da Banda Iliotibial	Os pacientes talvez não consigam localizar uma área específica de dor, mas indicam a dor sobre todo o aspecto lateral da coxa e do joelho.	É resultado de um microtrauma na banda iliotibial (tecido fibroso localizado na região lateral externa da perna) (COSCA; NAVAZIO, 2007).	Ajustar a altura da sela e a posição do pé no pedal (FARRELL; REISINGER; TILLMAN, 2003).
Fascite Plantar	Os pacientes relatam dor no calcanhar posterior, que se desenvolveu gradualmente.	Podem estar relacionado a altura incorreta da sela (THOMPSON; RIVARA, 2001).	Ajuste na elevação da sela, diminuição do ritmo e aumento da resistência (apud WANICH et al., 2007).

Fonte: Oser, Oser e Silvis (2013)

Lesão	Sintomas	Motivos	Correção
Síndrome de Dor Palelofemorral	Os pacientes apresentam dor exagerada no joelho anterior durante a pedalada, dor quando estão subindo ou descendo escadas e dor prolongada quando o joelho está flexionado (COSCA; NAVVAZIO, 2007).	A causa da síndrome não é totalmente compreendida, por ter muitas origens, mas a hipótese mais comumente aceita está relacionada ao aumento do estresse nas articulações patelofemorral (região por trás do joelho) e posterior (região por trás do joelho) e posterior desgaste da cartilagem articular (COLLADO; FREDERICSON, 2010).	Ajustar a posição de ciclismo, a altura da sela e a posição do pé no pedal.
Neuropatia Pudenda	Os pacientes apresentam dormência e formigamento na região perineal.	Os sintomas podem surgir da compressão do nervo pudendo (responsável pela sensibilidade da região perineal, genitais e ânus) com a sela (THOMPSON; RIVARA, 2001).	Reduzir a altura da sela e reduzir a inclinação da sela pode ajudar a prevenir a recorrência, podendo mudar para uma sela mais larga (apud SILBERMAN et al., 2005) ou, para homens, uma sela com uma seção aberta da linha média (THOMPSON; RIVARA, 2001).
Neuropatia de Compressão Ulnar	Os pacientes normalmente se queixam de dores nos dedos quarto e quinto e também podem sofrer fraqueza da mão.	Está relacionada a pressão excessiva exercida no guidão e o excesso de vibração também pode aumentar os sintomas.	Adotar mudanças frequentes na posição da mão no guidão, aumentar o preenchimento do guidão e usar luvas acolchoadas (THOMPSON; RIVARA, 2001).

Fonte: Oser, Oser e Silvis (2013)

### 2.3.2 Métodos de Ajustes da Bicicleta

A literatura baseia-se em dois métodos de avaliação. O primeiro método foca na análise postural do ciclista na bicicleta. Presume-se neste método que caso o ciclista esteja posicionado corretamente e os ângulos articulares estejam dentro do limite esperado, a ergonomia estará correta. O grande quebra-cabeça torna-se a identificação dos métodos que indicam os limites angulares apropriados. No segundo método analisa-se as medidas corporais do ciclista para concluir uma definição da dimensão correta dos componentes da bicicleta. Os dois métodos podem ser utilizados em conjunto para chegar no melhor ajuste. Algumas dessas avaliações foram definidas de acordo com diferentes metodologias, como descritos nas Tabelas 3, 4, 5 e 6.

Tabela 3 – Metodologia de Configuração de Bicicletas de [Grainger, Dodson e Korff](#)

Atividade	Ajuste
Ângulo do Tronco	105°
Flexão Máxima do Joelho	Não menos do que 65°
Extensão Máxima do Joelho	Não mais do que 150°
Altura da Sela	88.3% da altura das entrepernas do ciclista
Comprimento da Manivela	20% do comprimento da perna do ciclista
Ângulo do Tubo da Sela	70°

Fonte: [Grainger, Dodson e Korff \(2017\)](#)

Tabela 4 – Metodologia de Configuração de Bicicletas de [Schmidt](#)

Avaliação	Bicicleta Clássica	Bicicleta Cidade	Bicicleta Passeio	Bicicleta Esportiva
Ângulo do Torso em Relação ao Chão	90°	60° a 70°	30° a 60°	15° a 30°
Ângulo do Braço em Relação ao Torso	20°	60°	90°	90°
Distância Entre os Punhos no Guidão / Comprimento do Guidão	No mínimo a distância da largura dos ombros.			
Rotação dos Punhos no Guidão / Rotação do Guidão	-	60°	8° a 16°	5° a 12°

Fonte: [Schmidt \(2012\)](#)

Tabela 5 – Metodologia de Configuração de Bicicletas de [Thompson e Rivara](#)

Ajuste	Característica
Altura do Quadro	1 a 2 polegadas abaixo da altura das entrepernas para bicicletas esportivas e de turismo. 3 a 6 polegadas abaixo da altura das entrepernas para bicicletas de montanha.
Altura da Sela	O joelho deve estar no limite angular de 25° a 30° quando o ciclista estiver com o pedal no ponto morto inferior. Ou será 109% da altura das entrepernas. Ou a altura máxima pelo qual o ciclista não está se movendo de um lado para o outro no exercício. Obs: A altura geralmente é menor em bicicletas de montanha para manter a estabilidade e a manobrabilidade.
Posição Horizontal da Sela	Com centralizados na horizontal, a parte frontal do joelho deve estar alinhado verticalmente com o pedivela.
Inclinação da Sela	A sela pode ser inclinada levemente para frente ou para trás.
Altura do Guidão	Pelo menos 1 a 2 polegadas abaixo do topo da sela (ou até 4 polegadas para ciclistas altos).
Alcance do Guidão	Quando o cotovelo é colocado na ponta da sela, os dedos estendidos devem alcançar a parte transversal do guidão.
Largura do Guidão	Deve ser a mesma largura dos ombros, ou um pouco maior em bicicletas de montanha.
Posição do Pé no Pedal	O pé deve estar em posição neutra, sem os dedos apontarem para cima ou para baixo.

Fonte: [Thompson e Rivara \(2001\)](#)

Tabela 6 – Metodologia de Configuração de Bicicletas de [Burt](#)

Medições Angulares	Bicicleta de Montanha	Bicicleta de Estrada
Joelho em Flexão	110° a 115°	108° a 112°
Joelho em Extensão	35° a 40°	35° a 40°
Lombar	50°	45°
Axila Para o Pulso	75° a 80°	90°
Cotovelo	150° a 170°	150° a 170°
Tornozelo	15° a 30°	15° a 30°
Tornozelo no Máximo	95° a 105°	95° a 105°
Tornozelo no Mínimo	70° a 80°	70° a 80°
Quadril Fechado	60° a 80°	55° a 65°

Fonte: [Burt \(2014\)](#)

Algumas configurações exigem do ciclista uma inclinação prolongada para frente durante o exercício, o que aumenta o risco de lesões crônicas ([BALASUBRAMANIAN;](#)

JAGANNATH; ADALARASU, 2014). O alcance do guidão é determinado pela combinação entre o afastamento da sela, o comprimento do quadro e o comprimento da mesa. Os ciclistas competitivos preferem um alcance mais longo, pois o tronco fica mais flexionado e a posição do corpo mais aerodinâmica, enquanto os ciclistas recreativos se sentem mais confortáveis com uma postura mais vertical (PFEIFFER; KRONISCH, 1995).

Os problemas posturais podem estar intimamente relacionados a uma sela mal ajustada (HAYOT *et al.*, 2012). Na literatura há dois métodos recomendados para definir a altura correta da sela. A busca por prevenção de lesões geralmente utiliza a angulação do joelho no intervalo entre 25° e 35°, enquanto o aprimoramento do desempenho obtém-se multiplicando a constante 1.09 pela distância das entrepernas do ciclista até o chão, ou seja, é 109% da altura calculada (PEVELER; POUNDERS; BISHOP, 2007). De acordo com testes realizados (PEVELER; GREEN, 2011) com 11 ciclistas masculinos, concluiu-se que o joelho a 25° superou o joelho a 35° em potência média e o poder de pico foi significativamente maior, enquanto o método de 109% das entrepernas caiu fora dos limites de 25° a 35° do joelho durante 73% do tempo, tendo um poder médio superior ao joelho no ângulo máximo de 35°.

A ergonomia também pode ser afetada pela dimensão inapropriada dos componentes da bicicleta. Um estudo foi realizado (CHEN; LIU, 2014) com 16 estudantes universitários na idade entre 21 e 26 anos, com o objetivo de descobrir o nível de desconforto relacionado ao comprimento da sela da bicicleta. As selas foram divididas em duas partes (assento e bico) com as seguintes dimensões: O assento possuía 13 centímetros de comprimento e 16 centímetros de largura, enquanto o bico variava entre 0 e 12 centímetros de comprimento. As selas foram posicionadas horizontalmente sem nenhuma inclinação. Os resultados indicaram que as selas com bicos mais curtos tendiam a aumentar a inclinação do tronco para frente, enquanto as selas com bicos mais longos aumentavam a inclinação do tronco para trás. Essas variações levavam a diferenças significativas no conforto de partes do corpo dos ciclistas, como pescoço, ombros, pulsos e a parte inferior das costas. Concluiu-se que as selas que proporcionavam um grau de estabilidade mais confortável eram aquelas que tinham o bico com 6 centímetros de comprimento.

As configurações podem ser comparadas usando a média aritmética da distância e da altura dos componentes da bicicleta de outros ciclistas com características físicas similares. Um estudo foi realizado (HSIAO; CHEN; LENG, 2015) com o objetivo de identificar esses cálculos em três pontos da bicicleta (guidão, sela e centro da manivela), estando ela corretamente configurada e provendo o conforto dos ciclistas, no intuito de tornar esses dados utilizáveis na projeção de um modelo padrão de quadros para bicicletas. Nos testes, as bicicletas foram ajustadas inicialmente utilizando dados de estudos anteriores e em seguida reajustadas de acordo com o grau de conforto informado pelos ciclistas.

Os usuários eram de ambos os sexos e estavam no limite de altura entre 165 e 185 centímetros. Apresenta-se na Tabela 7 os dados obtidos em dois tipos de bicicletas.

Tabela 7 – Distância entre os Componentes da Bicicleta

Componente	Sexo	Bicicleta Corrida	Bicicleta Cidade
Distância do Eixo da Sela para o Chão	Masculino	83.60 a 93.60 cm	83.60 a 93.60 cm
	Feminino	76.80 a 90.80 cm	76.80 a 90.40 cm
Distância do Eixo do Pedivela para o Chão	Masculino	25.00 cm	25.00 cm
	Feminino	24.18 cm	24.18 cm
Distância do Centro do Guidão para o Chão	Masculino	78.16 cm	93.05 cm
	Feminino	75.11 cm	90.23 cm
Distância do Centro do Guidão para o Eixo da Sela	Masculino	66.15 cm	62.07 cm
	Feminino	65.30 cm	61.30 cm
Distância do Eixo da Sela para o Eixo do Pedivela	Masculino	24.43 cm	25.15 cm
	Feminino	22.63 cm	23.00 cm

Fonte: [Hsiao, Chen e Leng \(2015\)](#)

O ajuste de bicicletas para crianças possuem diferenças em comparação com ciclistas adultos. Os dados ergonômicos trazem sensações de conforto diferentes, por este motivo não se pode supor que as recomendações para adultos possam ser aplicadas para crianças ([GRAINGER; DODSON; KORFF, 2017](#)). As crianças não possuem um sistema musculoesquelético totalmente desenvolvido, o que torna os desconfortos mais aparentes e implica em consequências mais graves e possivelmente permanentes nos casos de lesões ([LAIOS; GIANNATIS, 2010](#)).

Nesta mesma linha de raciocínio, um estudo foi realizado ([GRAINGER; DODSON; KORFF, 2017](#)) com objetivo de identificar uma instalação de bicicleta adequada para crianças com idade entre 7 e 10 anos. A bicicleta foi inicialmente configurada para combinar com estudos de outros autores com foco em ciclistas adultos, em seguida buscaram encontrar a posição mais confortável para 142 crianças por meio de suas opiniões de conforto. Concluíram que a altura da sela, além da distância horizontal entre a sela e o guidão, foram fortemente previsíveis pelos estudos com foco em adultos, enquanto que a distância vertical entre a sela e o guidão obteve uma fraca previsão.

### 2.3.3 Técnicas de Avaliação

Existem técnicas que possibilitam a utilização de um goniômetro para medir os ângulos e uma régua de medição corporal para calcular a distância entre as articulações do corpo. Ferramentas como essas são acessíveis na prática clínica e profissional, devido

a facilidade de uso para pessoas experientes e o seu baixo custo (SANTOS *et al.*, 2011). No entanto, são ferramentas que exigem experiência de manuseio, requerem conhecimentos sobre os métodos utilizados e podem trazer erros de precisão humana. Além disso, as medições são registradas manualmente, diminuindo o *feedback* do usuário avaliado e dificultando no processamento posterior dos dados (RAMOS, 2016).

Existem técnicas comerciais de avaliação, conhecidas na indústria como *Bike Fit*, elas são realizadas por profissionais que utilizam equipamentos precisos de rastreamento das articulações do corpo e tecnologias de captura de movimento. Um exemplo é a marca Retül que fornece tecnologias para este tipo de avaliação numa precisão de rastreamento enorme, tornando-se um sistema utilizado pelos melhores profissionais avaliadores em todo o mundo (BURT, 2014).

Essas técnicas comerciais chegam a gerar custos consideráveis. As avaliações são custeadas por cada sessão realizada. Existem casos em que a avaliação precisa de mais de uma sessão, existem ciclistas que precisam refazer a sessão por substituírem algum componente e outros que ajustam mais de uma bicicleta. Tudo isso eleva ainda mais os custos. É uma realização que impulsiona um investimento desmotivante para pessoas que não tem uma condição financeira compatível.

O rápido desenvolvimento de tecnologias de digitalização 3D facilitou a coleta de grandes quantidades de dados corporais, de forma eficiente e econômica (HUANG; PAN, 2014). Aplicações de análise de comportamento humano e monitoramento de ergonomia tornaram-se automatizadas, melhorando o bem-estar dos indivíduos com um custo de funcionamento mínimo (HO *et al.*, 2016). A criação de sensores como o Kinect e a disponibilização da sua interface de desenvolvimento foram fundamentais na construção de *frameworks* como o NuSense (COSTA, 2016), facilitando o desenvolvimento de diferentes tipos de aplicações voltadas para a saúde.

## 2.4 O FRAMEWORK NUSENSE

O NuSense é um *framework* baseado em *plug-ins*, desenvolvido com foco em ambientes inteligentes aplicado ao monitoramento de pessoas, baseado em gameterapias, terapias de reabilitação motora e exercícios físicos. Possui o objetivo de auxiliar desenvolvedores na criação de soluções para profissionais da saúde, no intuito de facilitar o monitoramento de atividades que promovem o bem-estar, a detecção de sintomas e o autocuidado de pessoas (COSTA, 2016). Além disso, reduz a dificuldade na criação de aplicações de diversos aspectos relacionados a saúde, auxiliando no controle das funções, no armazenamento e na exportação dos dados (RAMOS, 2016).

Em seu cenário de uso, um especialista define as atividades que deseja que sejam

monitoradas e avaliadas durante uma terapia. A partir disso extrai-se os requisitos e o desenvolvedor implementa uma solução integrada ao NuSense que irá auxiliar na criação da aplicação de monitoramento (COSTA, 2016). Apresenta-se na Figura 2 o cenário de aplicação do NuSense.

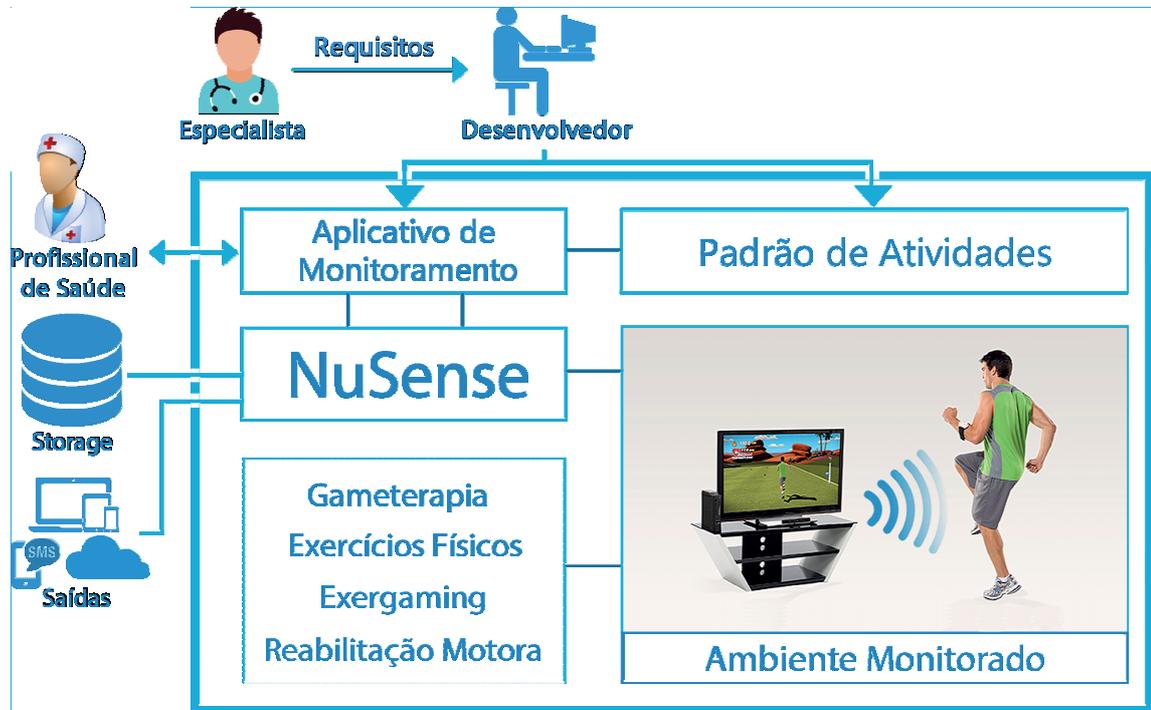


Figura 2 – Cenário de Aplicação do NuSense (COSTA, 2016)

O *framework* oferece suporte à integração de diversos tipos de sensores e dispositivos, entre eles, o Kinect v2. Ele torna-se responsável pela comunicação, implementação da interface e o tratamento dos dados coletados pelo sensor, possibilitando a transmissão para os diversos tipos de aplicações. Isso favorece o desenvolvimento de projetos como o Bike Sense que utiliza o Kinect como ferramenta para coleta de dados corporais, auxiliando em avaliações ergonômicas de ciclistas com foco em ajustes de bicicletas. Apresenta-se na Figura 3 a arquitetura do NuSense.

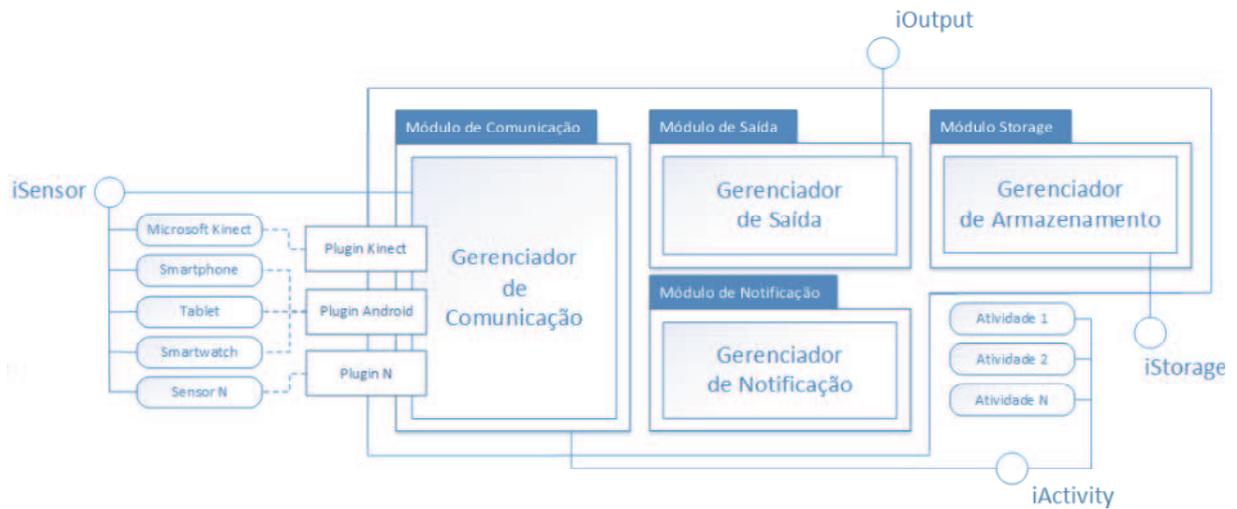


Figura 3 – Arquitetura do NuSense (COSTA, 2016)

## 2.5 O SENSOR KINECT V2

O Kinect é um sensor desenvolvido pela Microsoft Corporation para a interação com pessoas em tempo real. De acordo com o manual disponibilizado pela [Corporation \(2014\)](#), certificou-se que o Kinect é equipado com câmera de cor RGB, transmissor de profundidade infravermelho e microfone, responsáveis pelo rastreamento do corpo humano com identificação de gestos, posturas e comandos de voz. O sensor foi criado inicialmente com foco em jogos eletrônicos do console XBOX, também produzido pela Microsoft. Apresenta-se na Figura 4 o modelo do sensor na segunda geração.



Figura 4 – Sensor Kinect v2

Com o sucesso das tecnologias presentes no sensor e o seu potencial, ele passou a contar com adaptadores e frameworks necessários para a comunicação com computadores pessoais, tornando-se viável na criação de aplicações de pesquisas no campo da saúde. As articulações do corpo são mapeadas e disponibilizadas em formato de coordenadas 3D, ou seja, em valores reais que representam a localização da articulação no plano cartesiano (X, Y, Z), como apresentado na Figura 5. Essas coordenadas correspondem a distância em metros do corpo em relação ao sensor.

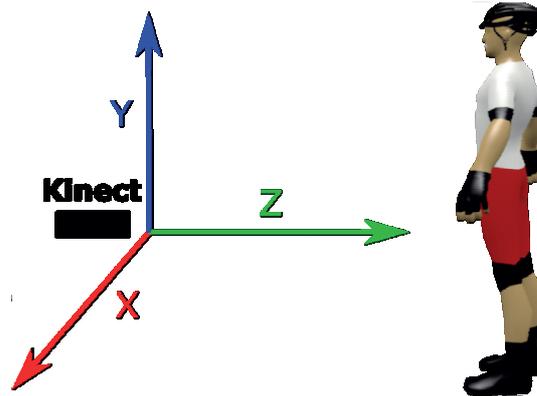


Figura 5 – Plano Cartesiano de Coordenadas do Kinect

O sensor tornou-se uma ferramenta promissora para análises de ergonomia (MARTIN *et al.*, 2012), devido às vantagens na facilidade de uso, configuração e a dispensabilidade de qualquer outro equipamento especial utilizado no corpo (HO *et al.*, 2016), marcadores ou calibração (PLANTARD *et al.*, 2017), fazendo com que possa ser facilmente utilizado em ambiente domiciliar (XU *et al.*, 2017). Ele tem uma precisão comparada aos sistemas comerciais de última geração (HAGGAG H.; HOSSNY, 2013) e pode identificar a posição real de até 6 pessoas (NAPOLI *et al.*, 2017) com 25 articulações do corpo de cada uma delas a uma frequência de até 30 Hz em um computador pessoal (XU *et al.*, 2017). Apresenta-se na Figura 6 as articulações do corpo rastreadas pelo sensor (PTERNEAS, 2014).

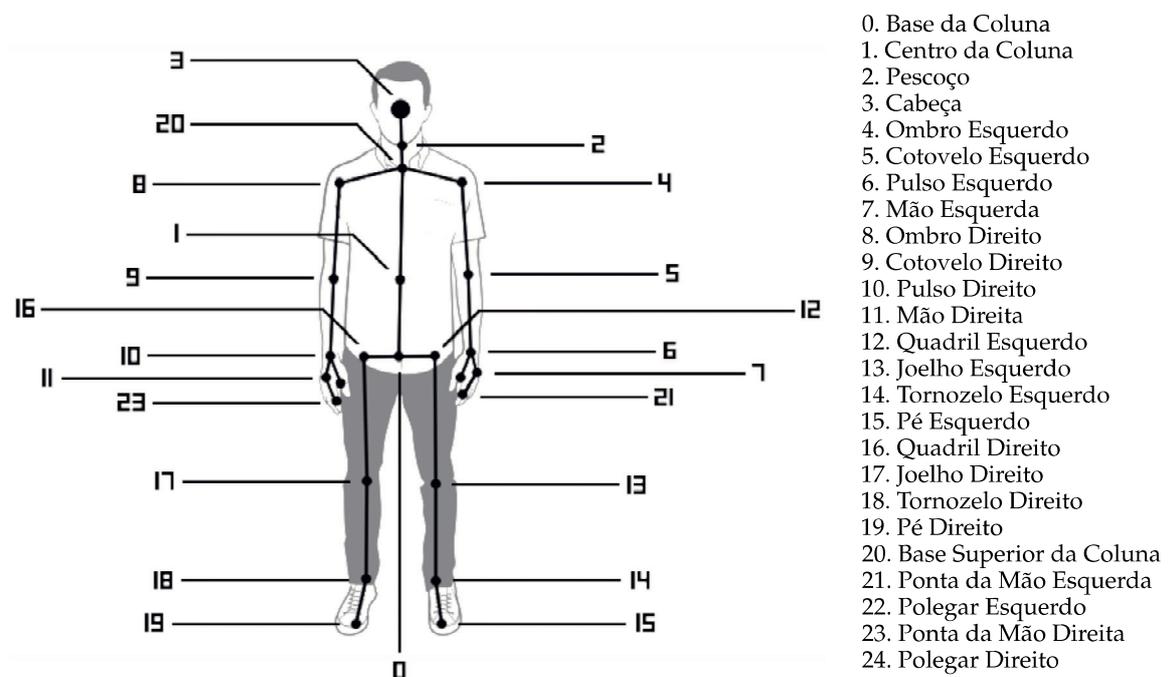


Figura 6 – Articulações Rastreadas pelo Kinect v2

Um estudo foi realizado (NAPOLI *et al.*, 2017) utilizando um sensor Qualisys 3D padrão de ouro de 12 camadas para fazer comparações com o Kinect. Foram observados os movimentos simultâneos de 4 pessoas e analisado o nível de confiabilidade de rastreamento do corpo em ambos os sensores. Foi utilizado três métricas de erros para a comparação do desempenho. Concluiu-se que houveram pequenos desvios entre os dados dos dois sensores, mas não foram estatisticamente significativas, por tanto o sensor Kinect mostrou-se confiável na extração dos ângulos articulares do corpo.

### 3 METODOLOGIA

Esse projeto foi desenvolvido durante os anos de 2016 e 2017 na Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Campus 1, em Campina Grande, no Laboratório de Certificação e Engenharia de Software (LCES) do Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde (NUTES). É um trabalho do tipo qualitativo baseado em uma revisão bibliográfica onde muitas informações foram extraídas e utilizadas na criação do Bike Sense. Dentre as atividades realizadas para a conclusão deste trabalho, destaca-se:

1. Revisão da literatura sobre a ergonomia de ciclistas e configurações de bicicletas.
2. Extração de informações e métodos de aplicação no ajuste de bicicletas.
3. Compreensão das tecnologias utilizadas.
4. Criação do sistema de auxílio na avaliação de ciclistas para ajustes de bicicletas.
5. Testes da qualidade e imperfeições do sistema.

## 4 BIKE SENSE

O Bike Sense é um sistema desenvolvido para auxílio em avaliações antropométricas e análises posturais de ciclistas, que busca definir correções no ajuste de bicicletas buscando elevar o conforto e prevenir a ocorrência de lesões. Ele promove rápidas avaliações, fornece *feedbacks* em tempo real e propõe diminuir os custos se comparado a outras técnicas comerciais focadas no mesmo tipo de avaliação.

O diferencial do sistema é o foco em ciclistas recreativos, pois permite a autoavaliação em ambiente domiciliar, dispensando a necessidade da procura por um profissional especializado que utiliza outras ferramentas de avaliação corporal. O foco mantém-se em bicicletas do tipo montanha (Figura 1(f)), pois é o modelo mais optado por ciclistas recreacionais.

Para realizar uma avaliação o ciclista precisa de um computador que atinja os requisitos mínimos, um sensor Kinect da segunda geração e um adaptador USB para conectar o sensor. O computador é um utensílio popular e muitos deles já possuem os requisitos necessários para utilizar o Bike Sense. O Kinect é um dispositivo de fácil acesso e também pode ser usado para outros objetivos, como por exemplo, a utilização em outras aplicações e jogos.

O sistema dispõe de funcionalidades que definem a configuração da bicicleta apropriada para cada ciclista. Na avaliação de antropometria obtém-se as informações de ajustes dos componentes, enquanto a análise de postura é utilizada para a validação informando se a bicicleta foi corretamente ajustada. Todas as informações são salvas em um relatório digital para consultas posteriores.

### 4.1 DESENVOLVIMENTO E ARQUITETURA

O sistema foi desenvolvido de acordo com os requisitos funcionais, descritos no APÊNDICE A, e não-funcionais, descritos no APÊNDICE B. Assim como a modelagem da arquitetura apresentada na Figura 7.

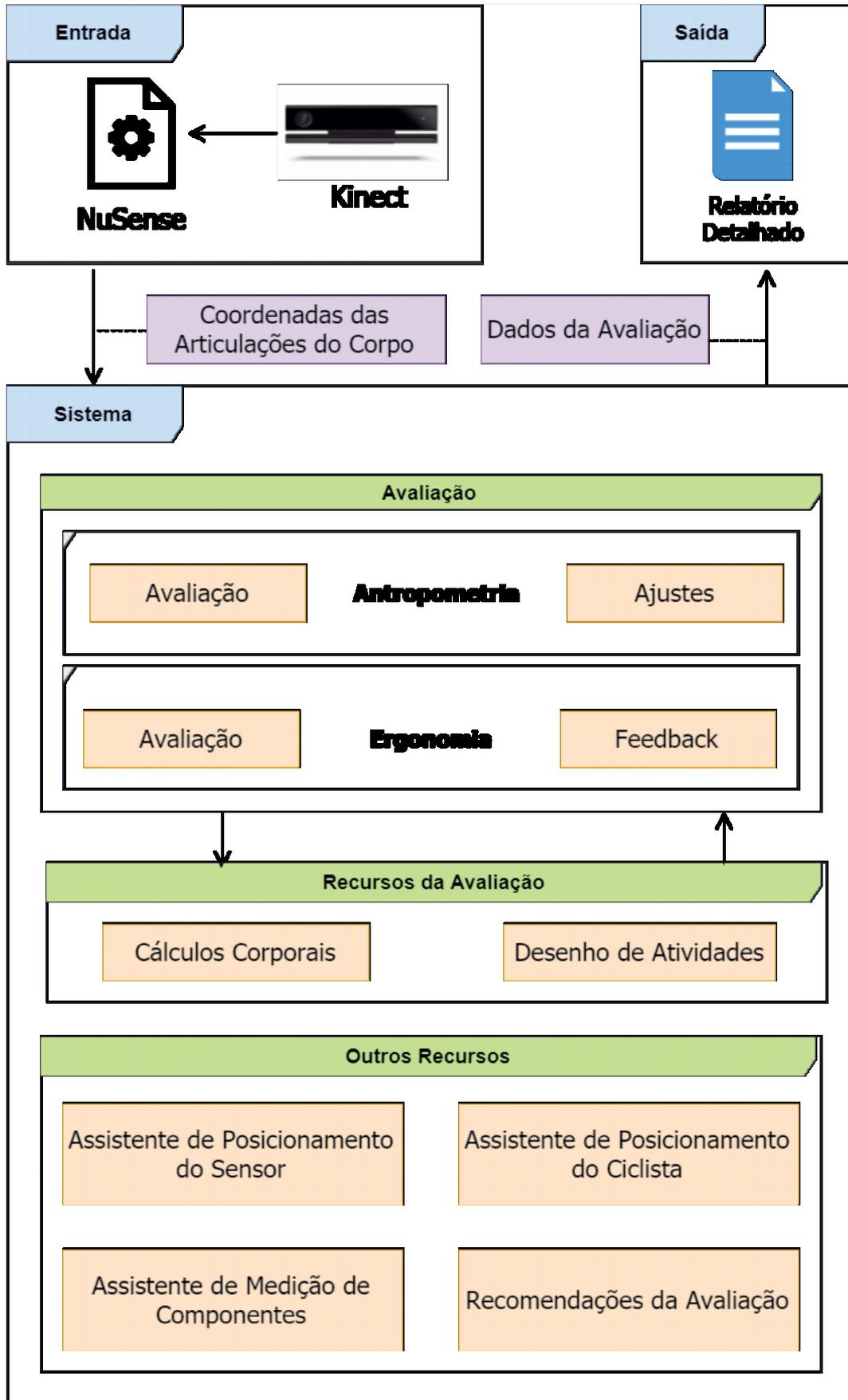


Figura 7 – Arquitetura do Bike Sense

A ferramenta utilizada foi o Visual Studio Community 2017 (v15.0) em conjunto com a linguagem de programação C# (v7). Utilizou-se a biblioteca de funcionalidades do Kinect (Microsoft.Kinect.dll) e suas respectivas propriedades disponibilizadas pelo SDK oficial que permitiu a comunicação com o computador. O *framework* NuSense (NuSense.dll) foi aplicado para transmitir as funcionalidades integradas do sensor. Uma biblioteca auxiliar (ITextSharp) garantiu o registro dos relatórios gerados pelo sistema em documento digital. Apresenta-se na Tabela 8 os locais onde essas informações foram acessadas e obtidas.

Tabela 8 – Acesso às Informações do Desenvolvimento

Ferramenta	Acesso
Visual Studio Community 2017	< <a href="https://www.visualstudio.com/pt-br/downloads">https://www.visualstudio.com/pt-br/downloads</a> >
Documentação do C#	< <a href="https://docs.microsoft.com/pt-br/dotnet/csharp/programming-guide">https://docs.microsoft.com/pt-br/dotnet/csharp/programming-guide</a> >
SDK do Kinect v2	< <a href="https://www.microsoft.com/pt-br/download">https://www.microsoft.com/pt-br/download</a> >
Documentação do Kinect v2	< <a href="https://developer.microsoft.com/pt-br/windows/kinect/develop">https://developer.microsoft.com/pt-br/windows/kinect/develop</a> >
NuSense	Acesso solicitado a Costa (2016)
ITextSharp	< <a href="https://github.com/itext/itextsharp">https://github.com/itext/itextsharp</a> >

#### 4.2 REQUISITOS DE SOFTWARE E HARDWARE

A implementação do projeto exigiu o seguimento de alguns requisitos mínimos de *software* e *hardware*. Esses requisitos envolve a obtenção do Kinect na segunda versão (v2), o adaptador USB de comunicação do Kinect e um computador que atinja ou supere as configurações necessárias para a execução do SDK do sensor. A descrição detalhada desses requisitos é apresentada na Figura 8.

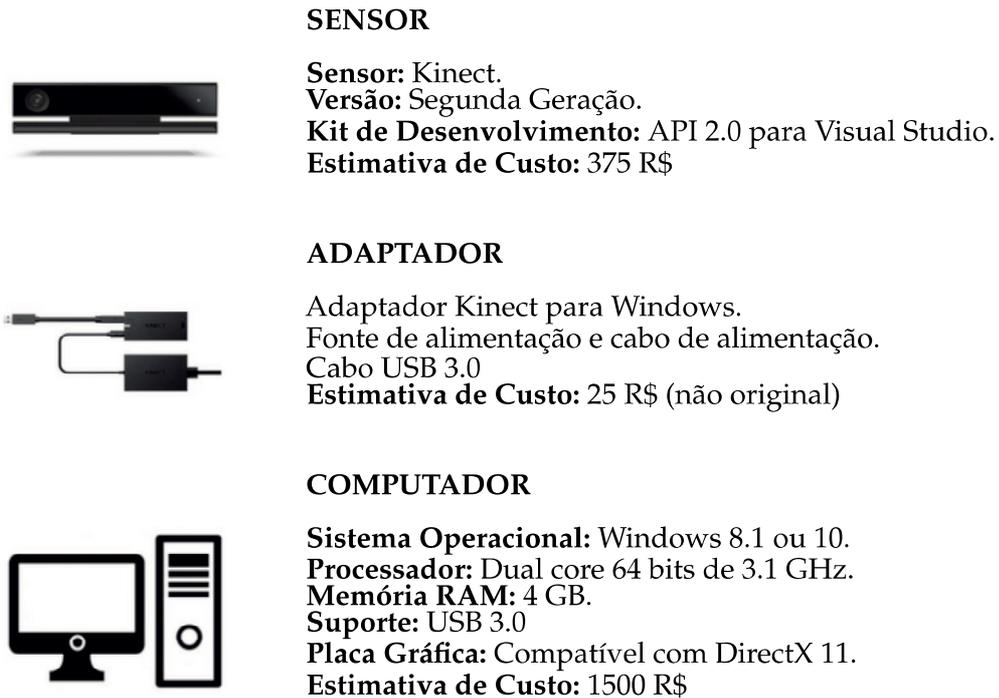


Figura 8 – Requisitos Mínimos de *Software* e *Hardware*

A inicialização do sistema necessita da configuração correta do ambiente de funcionamento. Essa configuração envolve a comunicação do Kinect com a porta USB 3.0 do computador utilizando o adaptador, como apresentado na Figura 9, além da instalação da versão mais recente do SDK oficial do Kinect que é responsável pelo funcionamento do sensor.

1. Conecte o Kinect adaptador USB.
2. Conecte o adaptador USB ao computador.
3. Instale o SDK oficial do Kinect.
4. Inicie o sistema.



Figura 9 – Instrução de Conexão do Kinect ao Computador

#### 4.3 TÉCNICAS UTILIZADAS NA AVALIAÇÃO

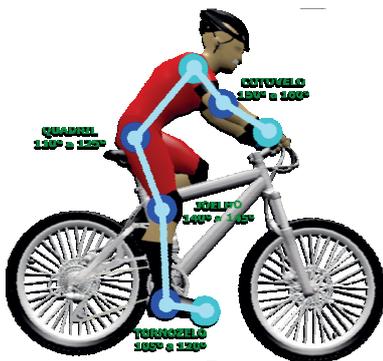
O sistema utiliza métodos antropométricos para definir os ajustes da bicicleta e análise postural para informar se os ajustes foram realizados corretamente. Os métodos

antropométricos foram extraídos da metodologia de [Thompson e Rivara \(2001\)](#) e [Grainger, Dodson e Korff \(2017\)](#), e descritos na Tabela 9. A análise postural baseou-se na metodologia de ergonomia de [Burt \(2014\)](#), presente na Figura 10, por ser o mais completo e possuir um limite angular de aceitação maior em comparação com outros métodos.

Tabela 9 – Ajustes Definidos para Bicicletas de Montanha

Componente	Ajuste
Altura do Quadro	3 a 6 polegadas abaixo da altura das entrepernas.
Altura da Sela	109% da altura das entrepernas.
Altura do Guidão	1 a 2 polegadas abaixo do topo da sela.
Alcance do Guidão	Com o cotovelo na ponta da sela, os dedos estendidos devem alcançar o guidão.
Largura do Guidão	Deve ser maior que a largura dos ombros.
Comprimento do Pedivela	20% do comprimento da perna do ciclista.

Fonte: [Thompson e Rivara \(2001\)](#), [Grainger, Dodson e Korff \(2017\)](#)



- Cotovelo: 150° a 160°
- Quadril: 55° a 70° (Corresponde a: 110° a 125°)
- Joelho: 35° a 40° (Corresponde a: 140° a 145°)
- Tornozelo: 15° a 30° (Corresponde a: 105° a 120°)

Figura 10 – Método de Ergonomia de [Burt \(2014\)](#) para Bicicletas de Montanha

#### 4.4 IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODOS

As avaliações se baseiam no uso de equações para calcular a altura de uma articulação, a distância entre duas articulações e o ângulo entre três articulações. Essas equações são aplicadas nas coordenadas X, Y e Z disponibilizadas pelo Kinect. A equação do ângulo entre está presente na Figura 11 e o seu código na Tabela 10. A equação da distância está presente na Figura 12 e o seu código na Tabela 11. Para descobrir a altura, o sensor disponibiliza um conjunto de coordenadas que representa o chão, basta utilizá-las em conjunto com a articulação que deseja saber a altura e aplicar na equação da distância.

$$\hat{\text{Ângulo}} = \frac{\arccos(\text{pesc}(\vec{V}_2 - \vec{V}_1, \vec{V}_2 - \vec{V}_3) * 180)}{\pi}$$

$\vec{V}_1: (X_1, Y_1, Z_1); \vec{V}_2: (X_2, Y_2, Z_2); \vec{V}_3: (X_3, Y_3, Z_3);$   
 arccos: arco cosseno;  $\pi \approx 3.1416$ ; pesc: produto escalar;

Figura 11 – Equação do Ângulo entre Três Articulações

Tabela 10 – Código do Cálculo do Ângulo entre Três Articulações

Código
<pre> public int Angulo(Vector3D v1, Vector3D v2, Vector3D v3) {     Vector3D vFinal1 = v2 - v1;     Vector3D vFinal2 = v2 - v3;      vFinal1.Normalize();     vFinal2.Normalize();      double pesc = Vector3D.DotProduct(vFinal1, vFinal2);      double angulo = Math.Round((Math.Acos(pesc) * 180 / Math.PI), 2);      return (int)angulo; } </pre>

$$\text{Distância} = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2 + (Z_1 - Z_2)^2}$$

Figura 12 – Cálculo da Distância entre Duas Articulações

Tabela 11 – Código do Cálculo da Distância entre Duas Articulações

Código
<pre> public double Distancia(Vector3D v1, Vector3D v2) {     double X = v1.X - v2.X;     double Y = v1.Y - v2.Y;     double Z = v1.Z - v2.Z;      double soma = Math.Pow(X, 2) + Math.Pow(Y, 2) + Math.Pow(Z, 2);      // Distância em metros.     double distancia = Math.Sqrt(soma);      return distancia; } </pre>

#### 4.5 RECOMENDAÇÕES DA AVALIAÇÃO

Para um melhor resultado na avaliação, aconselha-se o seguimento de algumas recomendações definidas nas Figuras 13 e 14. Essas recomendações devem ser seguidas no máximo possível, pois elas otimizam o rastreamento do Kinect e facilitam a realização dos cálculos, trazendo uma precisão ainda maior para os relatórios de avaliação. Essas recomendações abrangem o posicionamento do sensor, incluindo a altura e a rotação, além do posicionamento do ciclista que envolve a distância e o alinhamento com o sensor, bem como o relacionamento de cores entre o ambiente, a bicicleta e as roupas utilizadas na avaliação.



##### KINECT

**Altura:** 1.5 Metros.  
**Rotação Vertical:** 10° a 20° para baixo.  
**Rotação Horizontal:** Sem rotação.



##### CICLISTA

**Distância do Kinect:** 2 a 3 Metros do centro do sensor.  
**Alinhamento com Kinect:** Alinhado horizontalmente com o sensor.

Figura 13 – Recomendações de Posicionamento para a Avaliação



##### AMBIENTE

Deve ser bem iluminado, ter uma única cor e não conter objetos.



##### CICLISTA

Deve usar roupas justas, claras, de uma única cor e que seja diferente do ambiente e da bicicleta.



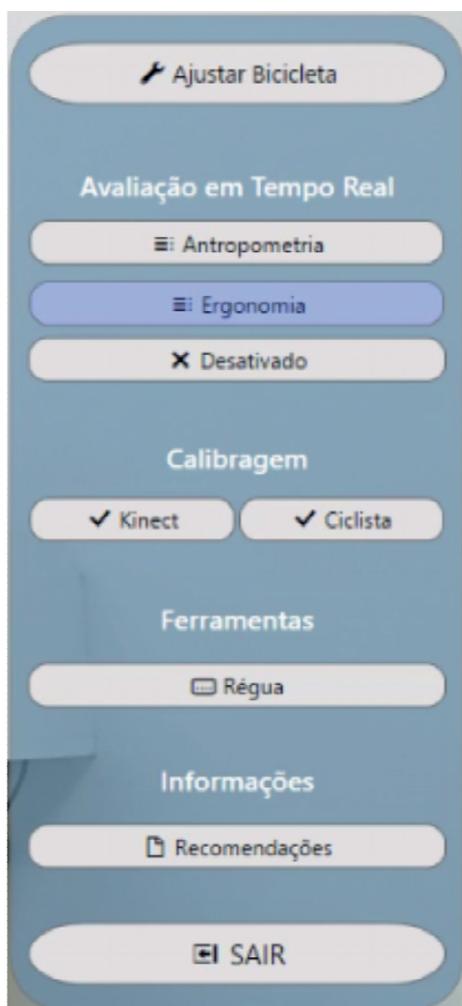
##### BICICLETA

Deve ser de cores diferentes da roupa do ciclista.

Figura 14 – Recomendações de Cores para a Avaliação

## 4.6 FUNCIONALIDADES DO SISTEMA

A Figura 15 apresenta o menu com as funcionalidades do sistema.



### Opções do Menu Principal

- **Ajustar Bicicleta:** Inicia uma avaliação completa do ciclista.
- **Antropometria:** Apresenta as atividades de antropometria em tempo real.
- **Ergonomia:** Apresenta as atividades de análise postural em tempo real.
- **Kinect:** Abre o assistente de verificação do posicionamento do Kinect.
- **Ciclista:** Abre o assistente de verificação do posicionamento do ciclista.
- **Régua:** Abre o assistente de medição dos componentes da bicicleta.
- **Recomendações:** Apresenta as recomendações da avaliação.
- **Sair:** Fecha o sistema.

Figura 15 – Menu de Funcionalidades Principais do Sistema

### 4.6.1 Tipos de Avaliações

O Bike Sense conta com dois tipos de avaliações que ficam sob critério de escolha do usuário. A principal diferença entre esses dois tipos está na rapidez e no detalhamento das informações levantadas pelo sistema. São:

- **Avaliação Livre:** Avalia de maneira rápida por escolhas do usuário e apresenta *feedbacks* de cores em tempo real.
- **Avaliação Completa:** Avalia de maneira mais detalhada, incluindo pré-ajustes, validação e relatório final.

#### 4.6.1.1 Avaliação Livre

Neste tipo de avaliação o usuário escolhe quais atividades deseja verificar, podendo ser de antropometria ou análise postural.

Na avaliação de antropometria (Figuras 16 e 17) o sistema apresenta 4 tipos de medições do usuário que são exibidos na tela de acordo com a sua escolha.

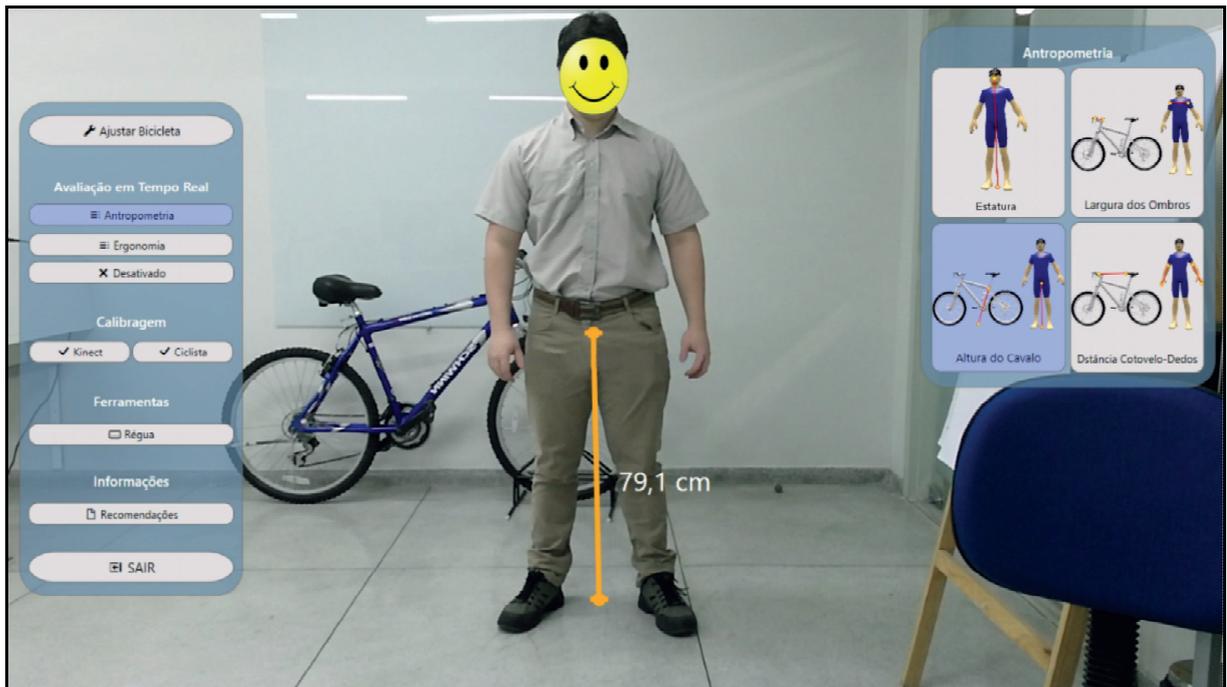
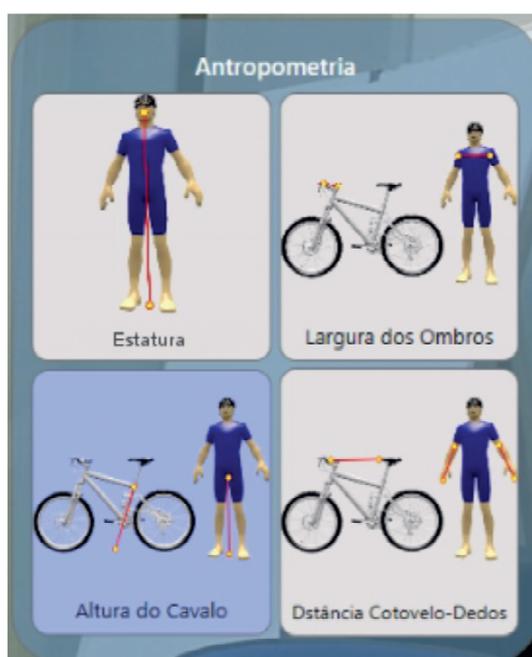


Figura 16 – Avaliação de Antropometria em Tempo Real



#### Atividades de Avaliação em Tempo Real

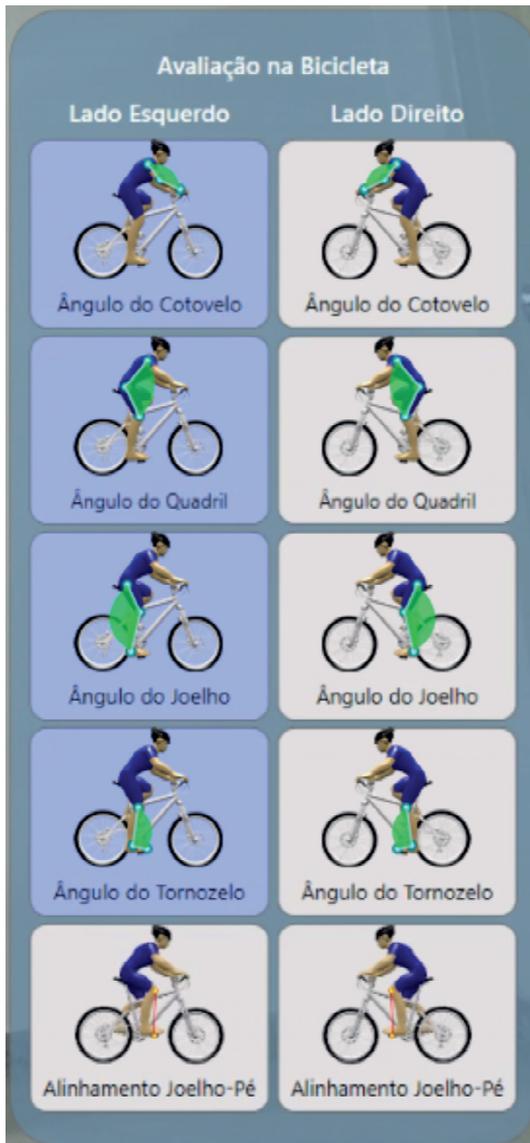
- Estatura.
- Largura dos Ombros.
- Altura do Cavalo.
- Distância do Cotovelo Até Dedos.

Figura 17 – Menu com Atividades de Antropometria

A avaliação postural (Figuras 18 e 19) segue o mesmo comportamento, mas possui avaliações para cada lado do corpo e apresenta *feedbacks* de cores em tempo real, indicando se a bicicleta está na configuração correta. Quando o desenho do ângulo estiver na cor verde, significa que a ergonomia está correta, já a cor vermelha indica que a ergonomia está incorreta e o ajuste deve ser realizado.



Figura 18 – Avaliação de Postura em Tempo Real



#### Atividades de Avaliação em Tempo Real

- Ângulo do Cotovelo.
- Ângulo do Quadril.
- Ângulo do Joelho.
- Ângulo do Tornozelo.
- Alinhamento Joelho-Pé.

Figura 19 – Menu com Atividades de Análise de Postura

#### 4.6.1.2 Avaliação Completa

Este tipo de avaliação é mais detalhada e segue uma sequência de passos, como ilustrado no cenário da Figura 20. O seu diferencial é o acompanhamento por meio de relatórios que auxiliam no seguimento das etapas e na configuração da bicicleta. Os relatórios são apresentados ao final de cada etapa e um documento digital é gerado contendo todos os dados para consultas posteriores no formato PDF.

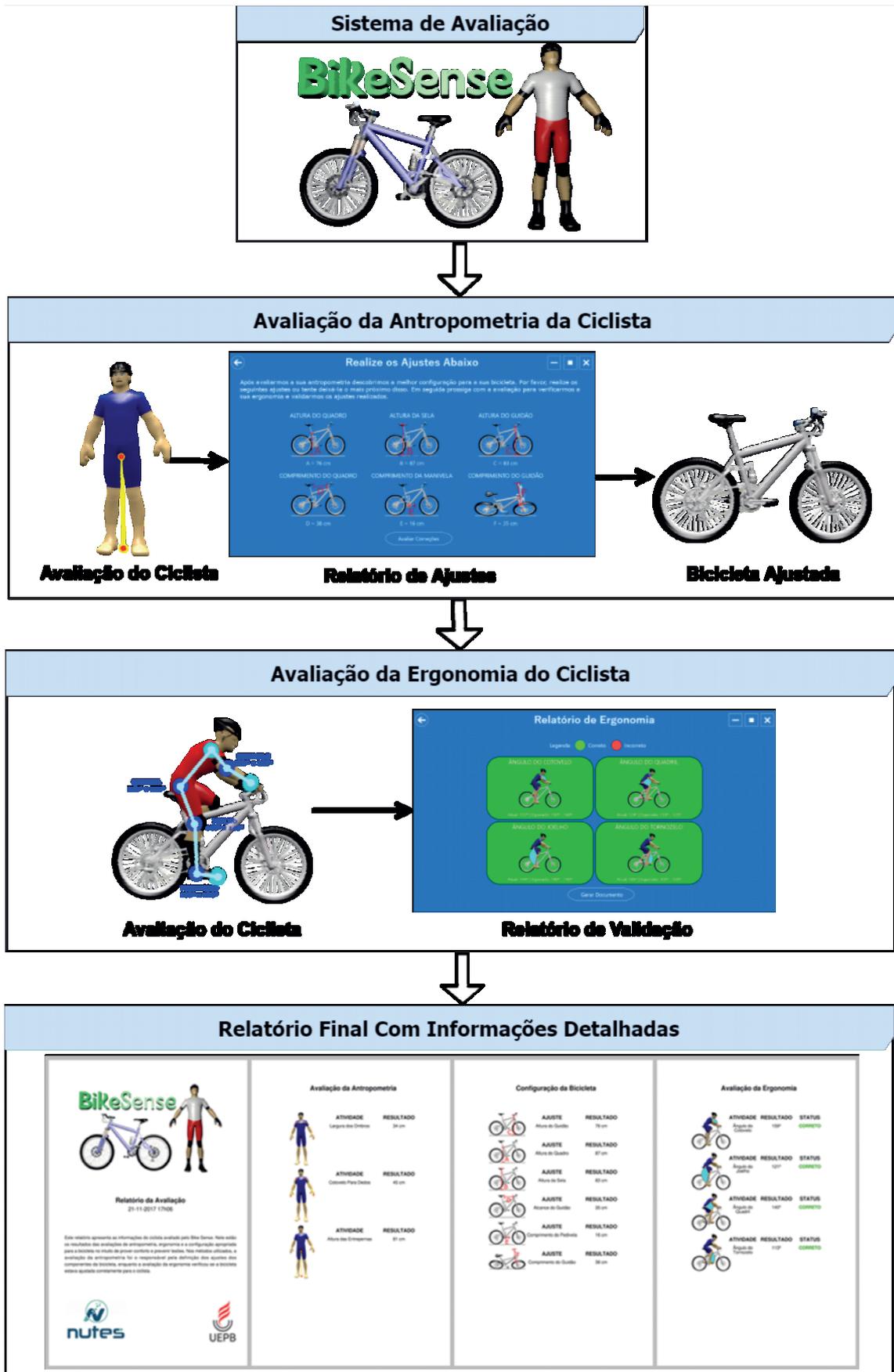


Figura 20 – Cenário de Avaliação Completa

Primeiro realiza-se a avaliação de antropometria (Figura 21) para gerar o relatório (Figura 22) com as configurações que o usuário deverá ajustar na bicicleta.



Figura 21 – Avaliação de Antropometria



Figura 22 – Relatório Final de Antropometria

Na sequência realiza-se a análise de postura (Figuras 24 e 23) para confirmar os ajustes realizados de acordo com a avaliação anterior e gerar o relatório de ergonomia (Figura 25).

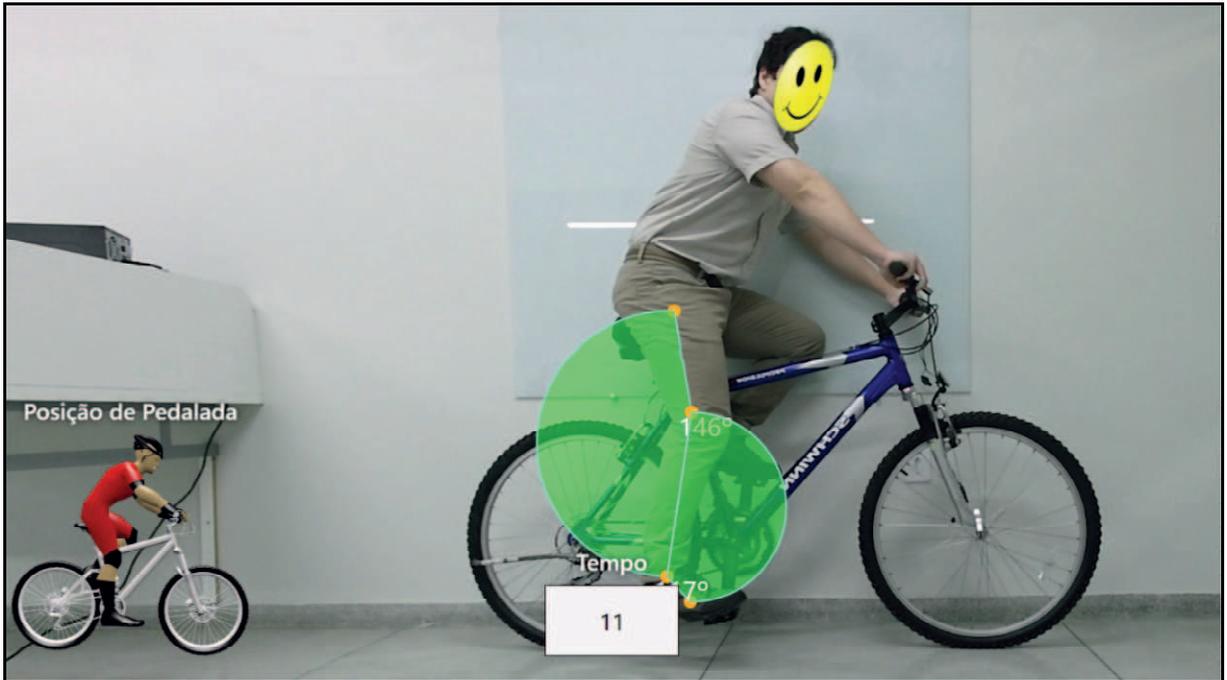


Figura 23 – Avaliação de Postura Inferior

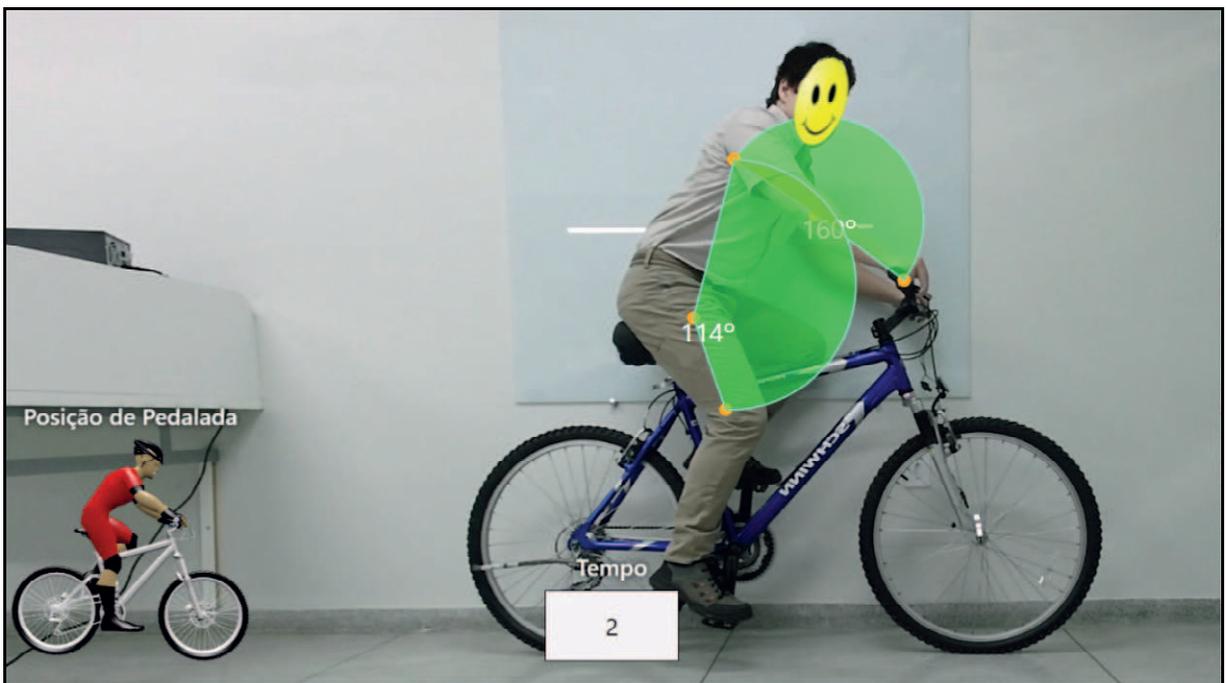


Figura 24 – Avaliação de Postura Superior



Figura 25 – Relatório Final de Ergonomia

Em ambas as avaliações o usuário terá 15 segundos para se posicionar, além de mais 15 segundos para a coleta das informações. Os dados são extraídos com base na moda dos cálculos coletados em cada etapa.

O documento digital gerado para este tipo de avaliação pode ser consultado no APÊNDICE C.

#### 4.6.2 Outros Recursos de Auxílio

O Bike Sense conta ainda com mais quatro recursos que auxiliam o ciclista a seguir as recomendações do aperfeiçoamento da avaliação e da configuração da bicicleta. Esses recursos estão descritos abaixo:

1. Assistente de medição dos componentes da bicicleta (Figura 26).
2. Tela de recomendações para a avaliação (Figura 27).
3. Assistente de verificação da posição do Kinect (Figura 28).
4. Assistente de verificação do posicionamento do ciclista (Figura 29).

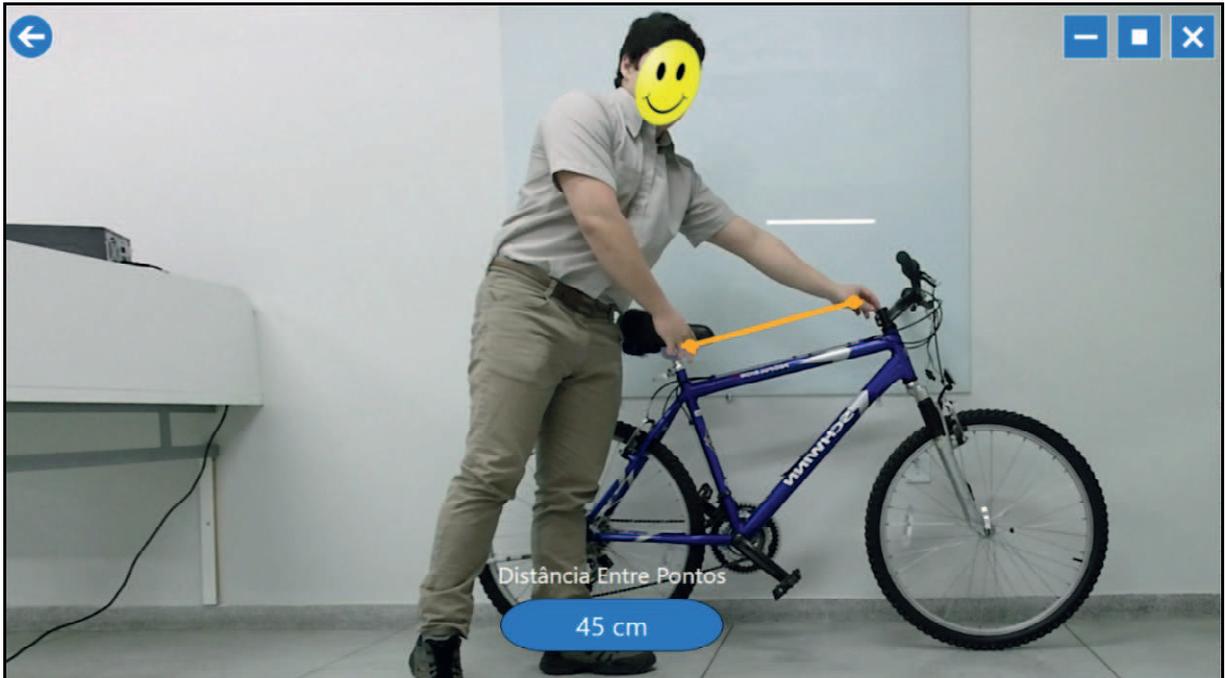
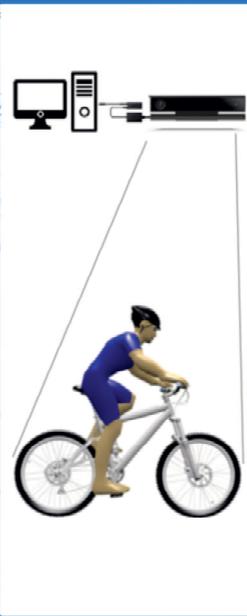


Figura 26 – Assistente de Medição dos Componentes da Bicicleta



## RECOMENDAÇÕES

**RECOMENDAÇÃO DE POSICIONAMENTO**

**KINECT**  
 Altura: 1.5 M | Rotação Vertical: 10° a 20° para baixo | Rotação Horizontal: Sem rotação

**CICLISTA**  
 Distância: 2 a 3 M do sensor | Alinhamento: Alinhado horizontalmente com o sensor

**RECOMENDAÇÃO DE CORES**

**AMBIENTE**  
 Deve ser bem iluminado, ter uma única cor e não conter objetos.

**CICLISTA**  
 Deve usar roupas justas, claras, de uma única cor e que seja diferente do ambiente e da bicicleta.

**BICICLETA**  
 Deve ser de cores diferentes da roupa do ciclista.

Figura 27 – Tela de Recomendações para a Avaliação

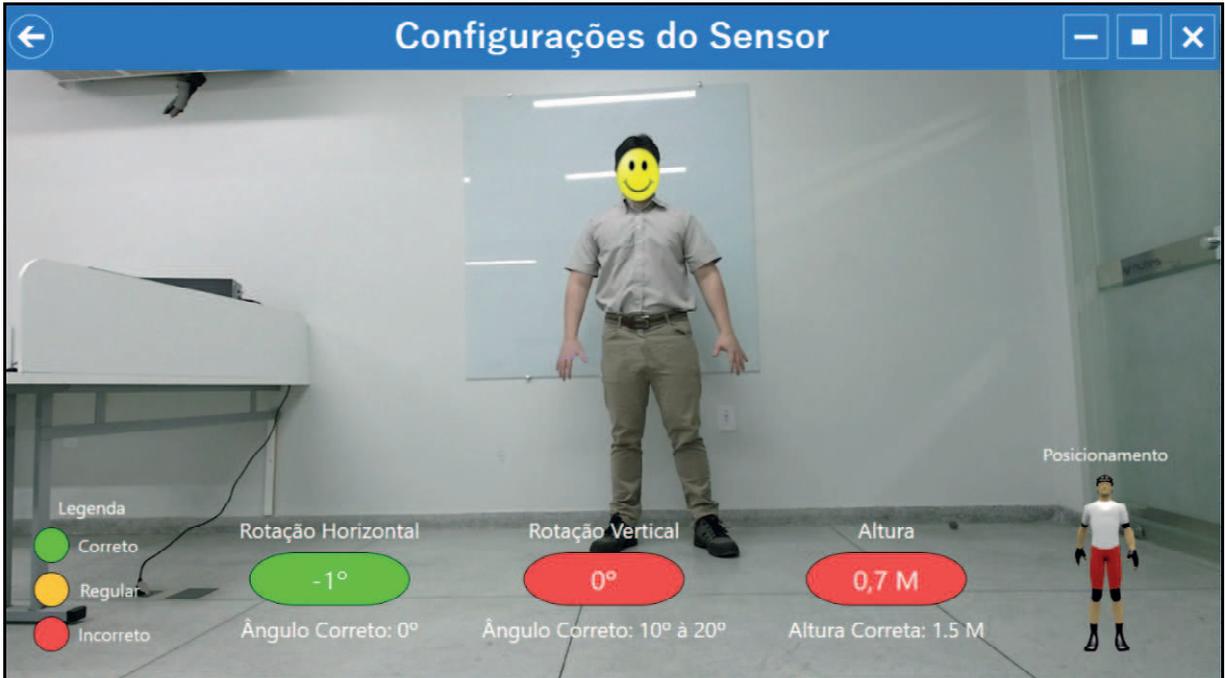


Figura 28 – Assistente de Verificação da Posição do Sensor

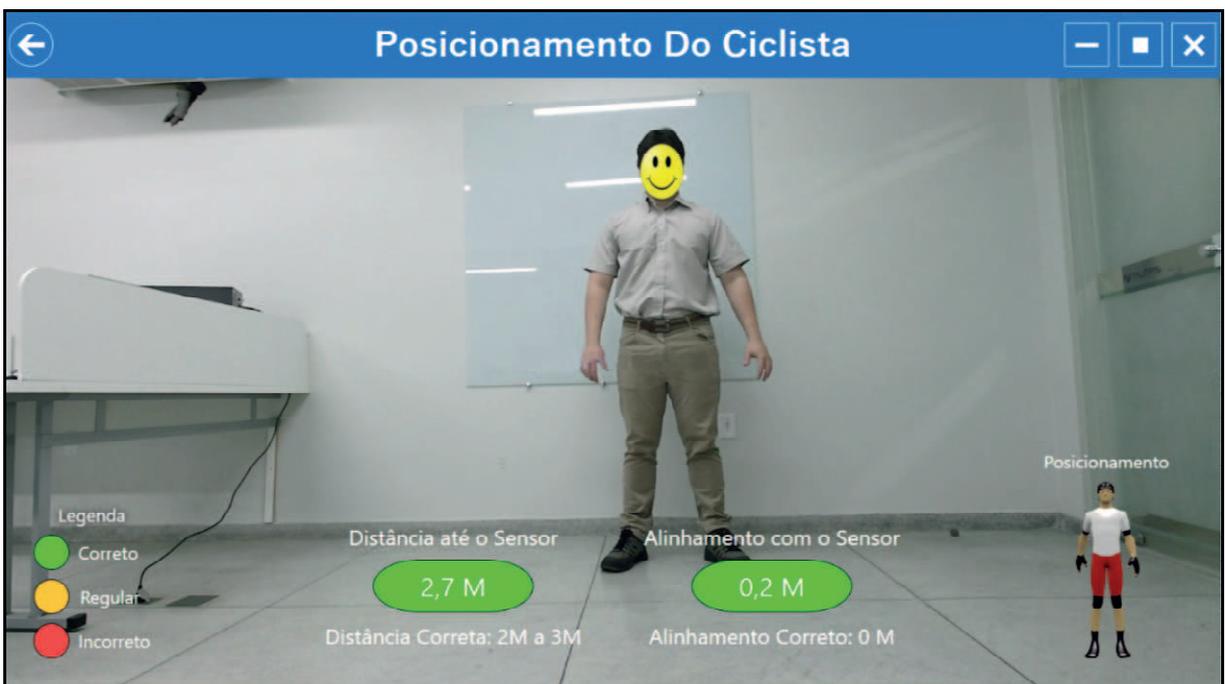


Figura 29 – Assistente de Verificação do Posicionamento do Ciclista

#### 4.7 DISPONIBILIDADE DO SISTEMA

O projeto completo do Bike Sense está no Laboratório de Certificação e Engenharia de Software (LCES) do Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde (NUTES), localizado na Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) onde foi desenvolvido, testado e concluído.

## 5 ESTUDO DE CASO

No processo de teste deste projeto foi realizado uma avaliação para assegurar a confiança dos dados disponibilizados pelo sistema. Considerando o nível de confiabilidade do sensor, analisado por Napoli *et al.* (2017), não foi verificada a legitimidade no rastreamento das coordenadas das articulações do corpo. O foco foi mantido na verificação da combinação dos métodos utilizados nesta metodologia, no intuito de garantir a conformidade das informações de antropometria e análise de postura que definem a configuração da bicicleta e verifica se a configuração é aceitável para o ciclista.

### 5.1 AVALIAÇÃO REALIZADA

Um ciclista masculino de 168 cm de altura dispôs-se a configurar a sua bicicleta utilizando o Bike Sense. Por se tratar de um procedimento de teste as recomendações de cores não foram totalmente seguidas. As informações de antropometria (Tabela 12) foram coletadas e geraram as configurações da bicicleta (Tabela 13). O modelo utilizado foi do tipo montanha (Figura 1(f)) e não possuía opções de configuração da mesa e do guidão, possibilitava apenas ajustes no afastamento e na altura da sela. Esses dois componentes foram ajustados e nenhum componente foi substituído.

Tabela 12 – Resultado da Antropometria do Ciclista

Medidas do Corpo	Valor
Largura dos Ombros	35 cm
Altura do Cavalão	80 cm
Distância do Cotovelo até Dedos	38 cm

Tabela 13 – Resultado da Configuração Indicada para a Bicicleta

Ajustes	Valor
Altura do Quadro	65 cm a 72 cm
Altura da Sela	87 cm
Altura do Guidão	82 cm a 84 cm
Comprimento do Guidão	Acima de 35 cm
Comprimento do Pedivela	16 cm
Alcance do Guidão	38 cm (eixo da mesa até a ponta da sela)

Baseado nos métodos estudados por Thompson e Rivara (2001), e Grainger, Dodson e Korff (2017).

A avaliação prosseguiu para a etapa de verificação da postura do ciclista na

bicicleta. O ajuste da sela não permaneceu o tempo inteiro dentro do limite angular do joelho e do tornozelo, mas com um pequeno esforço do usuário em aumentar a flexão/extensão do tornozelo, verificou-se que as articulações compactuaram dentro dos limites angulares. Foi solicitado também que o ciclista aumentasse a flexão/extensão do quadril e do cotovelo, para que ambas combinassem dentro do limite angular esperado. As informações de ergonomia estão presentes na Tabela 14.

Tabela 14 – Resultado da Ergonomia do Ciclista

Ângulo da Articulação	Valor
Cotovelo	152°
Quadril	124°
Joelho	144°
Tornozelo	105°

O relatório completo com os dados coletados nesta avaliação pode ser consultado no APÊNDICE C.

## 5.2 RESULTADOS OBTIDOS

Considerando as limitações de ajustes da bicicleta e a contribuição no posicionamento do usuário, a análise de postura alcançou os resultados esperados pelo método de ergonomia de [Burt \(2014\)](#). Todas as articulações ficaram dentro dos limites definidos, com a bicicleta configurada, validando assim os métodos de antropometria da Tabela 13 que levaram a configuração da bicicleta. Apresenta-se na Tabela 15 a configuração final da bicicleta utilizada na avaliação.

Tabela 15 – Resultado dos Ajustes Alcançados pela Bicicleta

Componente	Característica	Valor
Quadro	Altura	79 cm
	Comprimento Horizontal	Até o Eixo da Manivela: 46 cm
		Até o Eixo da Sela: 67 cm
		Até a Ponta da Sela: 54 cm
Comprimento Vertical	Centro da Manivela Até Eixo da Sela: 45 cm	
Sela	Altura	88 cm
	Comprimento	Total: 26 cm
		Ponta: 12 cm
		Assento: 14 cm
Guidão	Comprimento	Distância Entre Punhos: 55 cm
	Altura	98 cm
Mesa	Comprimento	14 cm
Pedivela	Comprimento	19 cm
	Altura	Eixo Até o Chão: 30 cm
Pedal	Comprimento	9 cm x 10 cm
	Altura	No Ponto Máximo Inferior: 13 cm
Pneus	Aro	26 x 1.95

Infelizmente não foi possível realizar a avaliação com outro ciclista para ampliar os testes. Mas verificou-se que além dos métodos de antropometria e análise postural terem compactuado nos resultados de ajustes, eles aproximaram-se ou entraram dentro de alguns limites estipulados pela metodologia de [Hsiao, Chen e Leng \(2015\)](#) para bicicletas de cidade (Figura 1(b)), resguardando as diferenças de ambos os modelos e as limitações da bicicleta, e focando principalmente nos componentes que puderam ser ajustados. Neste método calcula-se a média aritmética da distância entre os componentes da bicicleta para ciclistas entre 165 e 185 centímetros de altura. Essa comparação é apresentada na Tabela 16.

Tabela 16 – Resultado dos Ajustes Baseado no Método de [Hsiao, Chen e Leng \(2015\)](#)

Distância dos Componentes	Resultado do Bike Sense	Resultado do Método
Eixo da Sela para o Chão	88 cm	83.60 a 93.60 cm
Eixo do Pedivela para o Chão	30 cm	25.00 cm
Centro do Guidão para o Chão	98 cm	93.05 cm
Centro do Guidão para o Eixo da Sela	67 cm	62.07 cm
Eixo da Sela para o Eixo do Pedivela	58 cm	58.6 cm a 68.6 cm

Baseado no método de [Hsiao, Chen e Leng \(2015\)](#)

### 5.3 DISCUSSÃO E SOLUÇÕES

Percebeu-se que o Kinect possui alguns ruídos no rastreamento corporal, que vão desde a oscilação na identificação das articulações até a falha na distinção de um objeto com o corpo do usuário. Esses ruídos podem acabar atrapalhando na avaliação e prejudicando na coleta dos dados, exigindo que o usuário refaça a atividade, ou siga as recomendações da avaliação que muitas vezes não é possível.

O problema foi parcialmente corrigido quando o sistema passou a focar em métodos de avaliação que não necessitam da movimentação do ciclista. No entanto, em alguns momentos o problema persistiu. Para corrigir, houve a necessidade do usuário movimentar a articulação rastreada incorretamente, pois dessa forma o sensor restaura a identificação e estabiliza o rastreamento. Isso é fundamental para toda avaliação que se depare com o mesmo problema.

## 6 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi desenvolvido um sistema que auxilia em avaliações antropométricas e análises posturais de ciclistas, verificando se a configuração da bicicleta está adequada e indicando os ajustes necessários para corrigir a ergonomia. Esse tipo de avaliação é conhecida na indústria como *Bike Fit*, mas é um processo que necessita de equipamentos sofisticados de análise corporal e profissionais bem treinados para comandar a avaliação. É um procedimento que pode chegar a custos altos dependendo das necessidades do ciclista, o que acaba diminuindo a procura de ciclistas recreacionais por ser um investimento incompatível com o seu orçamento.

Durante os testes, realizou-se uma avaliação com um ciclista masculino de 168 cm de altura. Todo o procedimento foi executado corretamente, a bicicleta foi ajustada e os resultados indicaram que a ergonomia ficou adequada. A bicicleta não permitiu os ajustes em todos os componentes, mas os componentes que foram ajustados ficaram próximos ou entraram dentro dos limites das metodologias estudadas. Com isso concluiu-se que os métodos são compatíveis e o sistema funciona corretamente.

Como trabalhos futuros, deseja-se realizar novas avaliações com outros ciclistas para garantir ainda mais a eficiência do sistema, além de estender os modelos de bicicletas disponíveis para avaliação e discernir cada vez mais a busca por conforto e desempenho no ciclismo.

## REFERÊNCIAS

- AYACHI, F. S.; DOREY, J.; GUASTAVINO, C. Identifying factors of bicycle comfort: an online survey with enthusiast cyclists. **Applied ergonomics**, Elsevier, v. 46, p. 124–136, 2015.
- BALASUBRAMANIAN, V.; JAGANNATH, M.; ADALARASU, K. Muscle fatigue based evaluation of bicycle design. **Applied ergonomics**, Elsevier, v. 45, n. 2, p. 339–345, 2014.
- BURT, P. **Bike Fit: Optimise Your Bike Position for High Performance and Injury Avoidance**. [S.l.]: A C Black, 2014.
- CHEN, Y. L.; LIU, Y. N. Optimal protruding node length of bicycle seats determined using cycling postures and subjective ratings. **Applied ergonomics**, Elsevier, v. 45, n. 4, p. 1181–1186, 2014.
- COLLADO, H.; FREDERICSON, M. Patellofemoral pain syndrome. **Clinics in sports medicine**, Elsevier, v. 29, n. 3, p. 379–398, 2010.
- CORPORATION, M. **Kinect for Windows: Human Interface Guidelines v2.0**. [S.l.], 2014.
- COSCA, D. D.; NAVAZIO, F. Common problems in endurance athletes. **Am Fam Physician**, v. 76, n. 2, p. 237–44, 2007.
- COSTA, T. H. **NuSense: Um framework baseado em plug-ins para ambientes inteligentes aplicado ao monitoramento de gameterapias**. 2016. 72f. [S.l.]: Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia em Saúde) - Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016.
- FARRELL, K. C.; REISINGER, K. D.; TILLMAN, M. D. Force and repetition in cycling: possible implications for iliotibial band friction syndrome. **The Knee**, Elsevier, v. 10, n. 1, p. 103–109, 2003.
- GRAINGER, K.; DODSON, Z.; KORFF, T. Predicting bicycle setup for children based on anthropometrics and comfort. **Applied ergonomics**, Elsevier, v. 59, p. 449–459, 2017.
- HAGGAG H.; HOSSNY, M. N. S. C. D. Real time ergonomic assessment for assembly operations using kinect. p. 495–500, 2013.
- HAYOT, C.; DECATOIRE, A.; BERNARD, J.; MONNET, T.; LACOUTURE, P. Effects of 'posture length' on joint power in cycling. **Procedia Engineering**, Elsevier, v. 34, p. 212–217, 2012.
- HO, E. S.; CHAN, J. C.; CHAN, D. C.; SHUM, H. P.; CHEUNG, Y. M.; YUEN, P. C. Improving posture classification accuracy for depth sensor-based human activity monitoring in smart environments. **Computer Vision and Image Understanding**, Elsevier, v. 148, p. 97–110, 2016.
- HSIAO, S. W.; CHEN, R. Q.; LENG, W. L. Applying riding-posture optimization on bicycle frame design. **Applied ergonomics**, Elsevier, v. 51, p. 69–79, 2015.

HUANG, S. H.; PAN, Y. C. Ergonomic job rotation strategy based on an automated rgb-d anthropometric measuring system. **Journal of Manufacturing Systems**, Elsevier, v. 33, n. 4, p. 699–710, 2014.

IEA. **Definition and Domains of Ergonomics**. 2000. Acesso em: 03 out. 2017. Disponível em: <<http://www.iea.cc/whats/index.html>>.

LAIOS, L.; GIANNATIS, J. Ergonomic evaluation and redesign of children bicycles based on anthropometric data. **Applied ergonomics**, Elsevier, v. 41, n. 3, p. 428–435, 2010.

MARTIN, C. C.; BURKERT, D. C.; CHOI, K. R.; WIECZOREK, N. B.; MCGREGOR, P. M.; HERRMANN, R. A.; BELING, P. A. A real-time ergonomic monitoring system using the microsoft kinect. p. 50–55, 2012.

NAPOLI, A.; GLASS, S.; WARD, C.; TUCKER, C.; OBEID, I. Performance analysis of a generalized motion capture system using microsoft kinect 2.0. **Biomedical Signal Processing and Control**, Elsevier, v. 38, p. 265–280, 2017.

OJA, P.; S., T.; BAUMAN, A.; GEUS, B. de; KRENN, P.; REGER-NASH, B.; KOHLBERGER, T. Health benefits of cycling: a systematic review. **Scandinavian journal of medicine science in sports**, Wiley Online Library, v. 21, n. 4, p. 496–509, 2011.

OSER, S. M.; OSER, T. K.; SILVIS, M. L. Evaluation and treatment of biking and running injuries. **Primary Care: Clinics in Office Practice**, Elsevier, v. 40, n. 4, p. 969–986, 2013.

PEVELER, W. W.; GREEN, J. M. Effects of saddle height on economy and anaerobic power in well-trained cyclists. **The Journal of Strength Conditioning Research**, LWW, v. 25, n. 3, p. 629–633, 2011.

PEVELER, W. W.; POUNDERS, J. D.; BISHOP, P. A. Effects of saddle height on anaerobic power production in cycling. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Lippincott Williams Wilkins, v. 21, n. 4, p. 1023, 2007.

PFEIFFER, R. P.; KRONISCH, R. L. Off-road cycling injuries. **Sports medicine**, Springer, v. 19, n. 5, p. 311–325, 1995.

PHEASANT, S.; HASLEGRAVE, C. M. **Bodyspace: Anthropometry, ergonomics and the design of work**. [S.l.]: CRC Press, 2016.

PLANTARD, P.; MULLER, A.; PONTONNIER, C.; DUMONT, G.; SHUM, H. P.; MULTON, F. Inverse dynamics based on occlusion-resistant kinect data: Is it usable for ergonomics? **International Journal of Industrial Ergonomics**, Elsevier, v. 61, p. 71–80, 2017.

PTERNEAS, V. **Kinect For Windows Version 2: Body Tracking**. 2014. Acesso em: 30 out. 2017. Disponível em: <<https://pterneas.com/2014/03/13/kinect-for-windows-version-2-body-tracking>>.

RAMOS, L. T. L. **Flexinect: Um sistema para avaliação de flexibilidade corporal em tempo real utilizando sensores**. 2016. 38f. [S.l.]: Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência da Computação), Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016.

REBELO, F.; FIGUEIREDO, A.; NORIEGA, P.; COTRIM, T.; OLIVEIRA, T.; BORGES, T. A methodological approach to evaluate a new bicycle concept with elliptical wheels. **Procedia Manufacturing**, Elsevier, v. 3, p. 6361–6368, 2015.

RICHARD, S.; CHAMPOUX, Y.; LÉPINE, J.; DROUET, J. M. Using an alternative forced-choice method to study shock perception at cyclists' hands: the effect of tyre pressure. **Procedia Engineering**, Elsevier, v. 112, p. 361–366, 2015.

SANTOS, J. D. M. D.; OLIVEIRA, M. A. D.; SILVEIRA, N. J. F. D.; CARVALHO, S. D. S.; OLIVEIRA, A. G. Reliability inter and intra-tester in angular measures by photogrammetry versus goniometry. **Fisioterapia em Movimento**, SciELO Brasil, v. 24, n. 3, p. 389–400, 2011.

SCHIMIDT, A. **Ergotec: The Guide to Cycling Ergonomics**. [S.l.], 2012.

THOMPSON, M. J.; RIVARA, F. P. Bicycle-related injuries. **American family physician**, WB SAUNDERS CO, v. 63, n. 10, p. 2007–2013, 2001.

VANWALLEGHEM, J.; MORTIER, F.; BAERE, I. de; LOCCUFIER, M.; PAEPEGEM, W. V. Design of an instrumented bicycle for the evaluation of bicycle dynamics and its relation with the cyclist's comfort. **Procedia Engineering**, Elsevier, v. 34, p. 485–490, 2012.

WARBURTON, D. E.; NICOL, C. W.; BREDIN, S. S. Health benefits of physical activity: the evidence. **Canadian medical association journal**, Can Med Assoc, v. 174, n. 6, p. 801–809, 2006.

WHO.

XU, X.; ROBERTSON, M.; CHEN, K. B.; LIN, J. H.; MCGORRY, R. W. Using the microsoft kinect™ to assess 3-d shoulder kinematics during computer use. **Applied Ergonomics**, Elsevier, 2017.

## APÊNDICE A - REQUISITOS FUNCIONAIS DO SISTEMA

### **RF001 - Exibição do menu com os recursos principais**

O sistema deve apresentar o menu com as opções de avaliação livre e completa, além dos recursos auxiliares.

### **RF002 - Escolha da avaliação completa**

O sistema deve apresentar a opção de escolha da avaliação completa.

### **RF003 - Escolha da avaliação antropométrica em tempo real**

O sistema deve apresentar a opção de escolha da avaliação de antropometria em tempo real.

### **RF004 - Escolha da avaliação postural em tempo real**

O sistema deve apresentar a opção de escolha da avaliação postural em tempo real.

### **RF005 - Escolha do lado do corpo para a avaliação**

O sistema deve apresentar a opção de escolha do lado do corpo para a avaliação.

### **RF006 - Exibição do menu de avaliações em tempo real**

O sistema deve apresentar o menu com as opções de avaliações em tempo real.

### **RF007 - Cálculo da largura dos ombros**

O sistema deve calcular a largura dos ombros, a partir das articulações do corpo fornecidos pelo NuSense.

### **RF008 - Cálculo da altura das entrepernas**

O sistema deve calcular a altura das entrepernas do corpo, a partir das articulações do corpo fornecidos pelo NuSense.

### **RF009 - Cálculo da distância entre o cotovelo e os dedos**

O sistema deve calcular a distância entre o cotovelo e os dedos, a partir das articulações do corpo fornecidos pelo NuSense.

### **RF010 - Cálculo da angulação do cotovelo**

O sistema deve calcular a angulação do cotovelo, a partir das articulações do corpo fornecidos pelo NuSense.

**RF011 - Cálculo da angulação do quadril**

O sistema deve calcular a angulação do quadril, a partir das articulações do corpo fornecidos pelo NuSense.

**RF012 - Cálculo da angulação do joelho**

O sistema deve calcular a angulação do joelho, a partir das articulações do corpo fornecidos pelo NuSense.

**RF013 - Cálculo da angulação do tornozelo**

O sistema deve calcular a angulação do tornozelo, a partir das articulações do corpo fornecidos pelo NuSense.

**RF014 - Exibição dos cálculos das avaliações em tempo real**

O sistema deve permitir a exibição dos cálculos das avaliações em tempo real.

**RF015 - Cálculo da altura do guidão**

O sistema deve calcular a altura do guidão, a partir dos métodos utilizados.

**RF016 - Cálculo da altura da sela**

O sistema deve calcular a altura da sela, a partir dos métodos utilizados.

**RF017 - Cálculo da altura do quadro**

O sistema deve calcular a altura do quadro, a partir dos métodos utilizados.

**RF018 - Cálculo do comprimento do guidão**

O sistema deve calcular a largura dos ombros para definir o comprimento do guidão, a partir das articulações do corpo fornecidos pelo NuSense.

**RF019 - Cálculo do alcance do guidão**

O sistema deve calcular o alcance do guidão, a partir dos métodos utilizados.

**RF020 - Cálculo do comprimento do pedivela**

O sistema deve calcular o comprimento do pedivela, a partir dos métodos utilizados.

**RF021 - Exibição do relatório de antropometria**

O sistema deve exibir o relatório de antropometria após a avaliação de antropometria.

**RF022 - Exibição do relatório de ergonomia**

O sistema deve exibir o relatório de ergonomia após a avaliação postural.

**RF023 - Geração do documento digital apresentando as avaliações**

O sistema deve gerar um documento digital apresentando todas as informações da avaliação completa.

**RF024 - Desenho do esqueleto do corpo**

O sistema deve desenhar o esqueleto do usuário, a partir das articulações do corpo fornecidos pelo NuSense.

**RF025 - Desenho dos traços das avaliações de antropometria**

O sistema deve desenhar os traços indicando a avaliação de antropometria, a partir das articulações do corpo fornecidos pelo NuSense.

**RF026 - Desenho dos ângulos das avaliações posturais**

O sistema deve desenhar os ângulos indicando a avaliação de ergonomia, a partir das articulações do corpo fornecidos pelo NuSense.

**RF027 - Coloração dos ângulos de acordo com correção de ergonomia**

O sistema deve alterar a cor dos ângulos desenhados na avaliação de ergonomia, indicando se está dentro do limite angular esperado.

**RF028 - Cálculo do tempo da avaliação**

O sistema deve calcular o tempo da avaliação de antropometria e ergonomia.

**RF029 - Extração da moda dos cálculos da avaliação**

O sistema deve calcular a moda dos valores obtidos durante o tempo da avaliação.

**RF030 - Exibição das recomendações da avaliação**

O sistema deve exibir as recomendações da avaliação.

**RF031 - Assistente de verificação do posicionamento do ciclista**

O sistema deve permitir a verificação da correção do posicionamento do ciclista.

**RF032 - Assistente de verificação da posição do Kinect**

O sistema deve permitir a verificação da correção do posicionamento do Kinect.

**RF033 - Assistente de medição dos componentes da bicicleta**

O sistema deve permitir a medição dos componentes da bicicleta por meio do desenho de uma régua.

**RF034 - Exibição das instruções da avaliação de antropometria**

O sistema deve exibir as instruções da avaliação de antropometria.

**RF035 - Exibição das instruções da avaliação postural**

O sistema deve exibir as instruções da avaliação postural.

## APÊNDICE B - REQUISITOS NÃO-FUNCIONAIS DO SISTEMA

### **RN001 - Fácil Usabilidade**

O sistema deve ser de fácil manuseio, permitindo que pessoas possam operá-lo sem treinamento.

### **RN002 - Confiabilidade dos Dados**

O sistema deve coletar os dados corporais, realizar os cálculos e apresentar informações com o máximo de precisão possível.

### **RN003 - Eficiência de Transmissão**

O sistema deve ser eficiente, de modo que não prejudique a apresentação da imagem da câmera e os dados em tempo real.

### **RN004 - Metodologias Utilizadas**

O sistema deve seguir as metodologias de antropometria e análise postural impostas pelo projeto.

### **RN005 - Implementação**

O sistema deve coletar os dados corporais e a imagem da câmera usando o sensor Kinect v2 e o *framework* NuSense.

## APÊNDICE C - RELATÓRIO DO CICLISTA

**Relatório da Avaliação**

21-11-2017 17h06



## Avaliação da Antropometria



**MEDIDA**  
Largura dos Ombros

**RESULTADO**  
35 cm



**MEDIDA**  
Cotovelo Para Dedos

**RESULTADO**  
38 cm



**MEDIDA**  
Altura das Entrepernas

**RESULTADO**  
80 cm

## Configuração da Bicicleta



**MEDIDA**  
Altura do Guidão

**RESULTADO**  
82 cm a 84 cm



**MEDIDA**  
Altura do Quadro

**RESULTADO**  
65 cm a 72 cm



**MEDIDA**  
Altura da Sela

**RESULTADO**  
87 cm



**MEDIDA**  
Alcance do Guidão

**RESULTADO**  
38 cm



**MEDIDA**  
Comprimento do Pedivela

**RESULTADO**  
16 cm



**MEDIDA**  
Comprimento do Guidão

**RESULTADO**  
Acima de 38 cm

## Avaliação da Ergonomia



<b>MEDIDA</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>STATUS</b>
Ângulo do Cotovelo	152°	<b>CORRETO</b>



<b>MEDIDA</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>STATUS</b>
Ângulo do Joelho	124°	<b>CORRETO</b>



<b>MEDIDA</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>STATUS</b>
Ângulo do Quadril	144°	<b>CORRETO</b>



<b>MEDIDA</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>STATUS</b>
Ângulo do Tornozelo	105°	<b>CORRETO</b>