

SISTEMA DE ADEQUAÇÃO ERGONÔMICA PARA CICLISTAS RECREATIVOS

Lucas M. S. M Lima¹, Frederico M. Bublitz²

Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde (NUTES)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) - Campina Grande, PB - Brasil

{lucas.mylleno, fredbublitz}@nutes.uepb.edu.br

ABSTRACT. *Ergonomics in cycling is an important factor for the prevention of musculoskeletal injuries and performance improvement. Its application resulted in the creation of models responsible for the suitability of the bicycle to the physical characteristics of the cyclist. The proposed methodologies are based on anthropometric and postural assessments. There are commercial techniques for this purpose, but the factors make the demotivating investment for recreational cyclists. Aiming at these challenges was developed the Bike Sense, a system of aid in the ergonomic adaptation of cyclists that seeks to promote simple assessments, fast and without the need for training.*

RESUMO. *A ergonomia no ciclismo é um fator importante para a prevenção de lesões musculoesqueléticas e o aperfeiçoamento da performance. Sua aplicação resultou na criação de modelos responsáveis pela adequação da bicicleta às características físicas do ciclista. As metodologias propostas baseiam-se em avaliações antropométricas e posturais. Existem técnicas comerciais para este fim, mas os fatores tornam o investimento desestimulante para ciclistas recreativos. Visando esses desafios foi desenvolvido o Bike Sense, um sistema de auxílio na adequação ergonômica de ciclistas que busca promover avaliações simples, rápidas e sem a necessidade de treinamento.*

1. Introdução

A prática de exercícios físicos é fundamental para manter o corpo saudável e contribuir na prevenção e no tratamento de doenças [Warburton, Nicol e Bredin, 2006]. O ciclismo é um exemplo de atividade física de esporte, recreação e contextos clínicos que fornece ótimos benefícios para a saúde dos praticantes, mas a sua prática pode demandar bastante esforço físico, principalmente se o ciclista mantiver a atividade por um tempo considerável, tornando indispensável uma atenção especial para a postura sustentada [Thompson e Rivara, 2001]. Uma postura inadequada aumenta a ocorrência de lesões musculoesqueléticas, com isso faz-se necessário um estudo aprofundado para corrigir a postura do ciclista na atividade [Oser S., Oser T. e Silvis, 2013].

O estudo da ergonomia fornece conhecimentos para otimização da interação humana em várias atividades esportivas, alinhando as necessidades e limitações do corpo. Sua aplicação é um requisito essencial na busca por conforto, segurança e desempenho [IEA 2000]. A ergonomia é um tema presente em muitos estudos na literatura do ciclismo,

tais estudos fundamentam-se em avaliações antropométricas e análises posturais do ciclista durante o exercício. Os resultados obtidos contribuem na definição da configuração de ajuste adequada para a bicicleta de acordo com as características físicas do ciclista [Hayot *et al.*, 2012].

As avaliações comerciais com este objetivo são conhecidas como *Bike Fit*, elas são realizadas por especialistas com equipamentos precisos de rastreamento e capturas do movimento do corpo. No entanto, 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.

Por outro lado, existem meios capazes de monitorar o comportamento humano e podem ser usados como ferramentas para facilitar as aplicações de ergonomia, pois permite a coleta de dados corporais de maneira simples e rápida com um valor comercial mais acessível [Ho *et al.*, 2016; Huang e Pan, 2014]. Um exemplo é o Kinect, um sensor que consegue mapear as coordenadas das articulações do corpo humano, obtendo resultados que se comparam às ferramentas comerciais de alta precisão e custos elevados [Xu *et al.*, 2017; Haggagh e Hossny, 2013].

Partindo deste princípio, este trabalho tem como objetivo investigar as lesões ocasionadas no ciclismo, explorar os modelos ergonômicos, analisar as técnicas atuais de avaliação e apresentar o desenvolvimento de um sistema de ajuste ergonômico para ciclistas com tecnologias mais acessíveis. O sistema foca em metodologias da literatura e utiliza o Kinect para capturar os dados corporais, fornecendo avaliações rápidas, simples e práticas, propondo *feedbacks* em tempo real e diminuindo os custos em comparação com as técnicas comerciais destinadas ao mesmo tipo de avaliação. Ele utiliza equipamentos populares e de fácil acesso, portanto pode ser utilizado em ambiente domiciliar, sem exigir treinamento especializado ou equipamentos auxiliares.

2. Ergonomia Aplicada ao Ciclismo

Os benefícios do ciclismo são potenciais para o corpo de tal forma que eleva as funções cardiorrespiratórias e metabólicas em uma ampla gama de intensidades [Oja *et al.*, 2011]. O uso da bicicleta tornou-se um produto global e derivou uma variedade de modelos e configurações de componentes com objetivos que focam em gostos pessoais, conforto e desempenho, tornando a personalização de componentes um hábito entre os ciclistas. Sua utilização compõe uma diversidade de fatores que agem de maneira positiva ou negativa sobre o corpo do ciclista [Rebelo *et al.*, 2015].

As lesões no ciclismo ocorrem por diferentes fatores relatados como ambientais, físicos e mecânicos. A maioria das lesões está relacionada aos ajustes inadequados dos componentes da bicicleta e são ampliadas pelo uso excessivo do exercício. Estes ajustes envolvem a configuração da dimensão, altura e posicionamento dos componentes definidos como sela, guidão, quadro, mesa, pedal e pedivela [Thompson e Rivara, 2001]. De acordo com a realização de uma revisão sistemática [Oser S., Oser T. e Silvis, 2013], destacou-se que as lesões foram diagnosticadas como sendo:

- a. **Tendinopatia de Aquiles:** O diagnóstico apresenta um quadro de lesão aguda com a súbita sensação de ser atingida na parte de trás do calcanhar. Sua causa é decorrente do ajuste incorreto da bicicleta seguidas pelo uso excessivo em posição

irregular na bicicleta. Para adequação da bicicleta recomenda-se o ajuste correto da altura da sela e o uso de sapatos que alinhem de maneira adequada o pé no pedal de acordo com a sua rotação e posição.

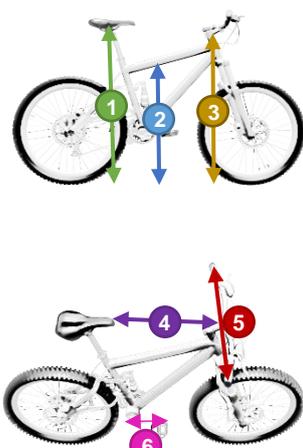
- b. **Síndrome do Compartimento Externo Crônico:** O diagnóstico apresenta um quadro de dor maçante ou sensação de queimação no compartimento envolvido da perna (anterior, posterior profundo, posterior superficial ou lateral). Sua causa é decorrente da diminuição do fluxo sanguíneo por causa do aumento da pressão durante a pedalada. Para correção é recomendável realizar alongamentos antes do exercício e ortopedia.
- c. **Síndrome da Banda Iliotibial:** Os pacientes diagnosticados nem sempre conseguem localizar uma área específica de dor, mas indicam que a dor envolve todo o aspecto lateral da coxa e do joelho. Sua causa é decorrente de um micro trauma na banda iliotibial, ou seja, no tecido fibroso localizado na região lateral externa da perna. Para adequação da bicicleta recomenda-se o ajuste correto da altura da sela e o posicionamento correto do pé no pedal.
- d. **Fascite Plantar:** O diagnóstico apresenta um quadro de dor no calcanhar posterior e indica que ela se desenvolveu gradualmente. Sua causa é decorrente do ajuste inadequado da sela da bicicleta. Para adequação da bicicleta recomenda-se o ajuste na elevação da sela, além da diminuição do ritmo da atividade e a realização de exercícios para aumento da resistência do calcanhar.
- e. **Síndrome de Dor Patelofemoral:** O diagnóstico apresenta um quadro de dor excessiva na parte anterior do joelho durante a pedalada, dor quando estão subindo ou descendo escadas e dor prolongada quando o joelho está flexionado. Sua causa pode ser decorrente de muitas origens, mas a hipótese mais comumente aceita está relacionada ao aumento do estresse nas articulações patelofemoral (região por trás do joelho) e também posterior desgaste da cartilagem articular. Para adequação da bicicleta recomenda-se o ajuste correto na altura da sela e na posição do pé no pedal, o que ocasiona uma alteração na posição do ciclista durante o exercício.
- f. **Neuropatia Pudenda:** O diagnóstico apresenta um quadro de dormência e formigamento na região perineal. Sua causa está relacionada a compressão do nervo pudendo com a sela. Para adequação da bicicleta recomenda-se a redução na altura e inclinação da sela, além disso, o conforto pode ser ampliado com o uso de uma sela mais larga para homens ou com uma seção aberta na linha média para mulheres.
- g. **Neuropatia de Compressão Ulnar:** O diagnóstico apresenta um quadro de dor nos dedos quarto e quinto, além de fraquezas na mão. Sua causa está relacionada a pressão excessiva exercida no guidão e o excesso de vibração. Para correção recomenda-se mudanças frequentes na posição da mão no guidão, aumentar do preenchimento do guidão e uso de luvas acolchoadas

A ergonomia aplicada aos exercícios físicos estuda as características anatômicas, antropométricas, fisiológicas e biomecânicas dos praticantes, analisando posturas, interações, repetição de movimentos, distúrbios musculoesqueléticos, ambientes, saúde e segurança [IEA, 2000]. A antropometria é uma característica presente na ergonomia que lida com dimensão, forma, força, mobilidade, flexibilidade e capacidade do corpo humano. Os estudos focados no usuário exigem uma compreensão das características físicas devido as variações do corpo humano [Phasant e Haslegrave, 2016].

No ciclismo o estudo da ergonomia auxilia na adequação da bicicleta às características físicas do praticante, a fim de encontrar um equilíbrio de ajuste para

otimização da performance na atividade, favorecendo a prevenção de lesões [Hayot *et al.*, 2012]. Um fator importante é que a postura do ciclista varia de acordo com as suas emoções, motivações e características físicas, portanto não há um padrão universal de ajuste, a configuração varia de acordo com o interesse, a flexibilidade e os objetivos do ciclista [Grainger, Dodson e Korff, 2017; Burt, 2014].

As metodologias propostas na literatura consistem em dois modelos de avaliação que juntos contribuem na configuração adequada da bicicleta. O primeiro modelo proposto (Figura 1) concentra-se na medição corporal do ciclista e auxilia na definição do comprimento e da altura adequada para os diferentes componentes da bicicleta.



- 1. ALTURA DA SELA**
Deve ser 109% da altura das entrepernas.
- 2. ALTURA DO QUADRO**
Deve ser de 3 a 6 polegadas abaixo da altura das entrepernas.
- 3. ALTURA DO GUIDÃO**
Deve ser de 1 a 2 polegadas abaixo do topo da sela.
- 4. ALCANCE DO GUIDÃO**
Com o cotovelo na ponta da sela os dedos estendidos devem alcançar o guidão.
- 5. LARGURA DO GUIDÃO**
Deve ser maior que a largura dos ombros.
- 6. COMPRIMENTO DO PEDIVELA**
Deve ser 20% do comprimento da perna do ciclista.

Figura 1. Ajustes Definidos para *Mountain Bikes*. Fonte. Thompson e Rivara (2001), Grainger, Dodson e Korff (2017)

O segundo modelo proposto (Figura 2) concentra-se na análise postural do ciclista durante a atividade de pedalada e contribui no *feedback* de ajustes, baseando-se nos ângulos calculados em diferentes articulações do corpo.

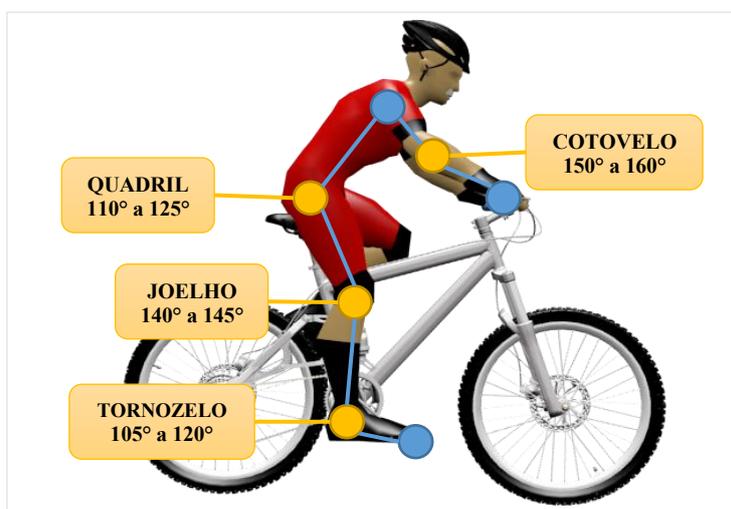


Figura 2. Ângulos Articulares Definidos para *Mountain Bikes*. Fonte. Burt (2014)

Ambos os modelos são destinados apenas à ciclistas adultos, pois as crianças não possuem um sistema musculoesquelético totalmente desenvolvido e relatam divergências na sensação de conforto, portanto não se pode supor que essas metodologias possam ser aplicadas a elas, principalmente porque os desconfortos implicam em consequências mais graves e possivelmente permanentes nos casos de lesões [Grainger, Dodson e Korff, 2017; Laios e Giannatsis, 2010].

3. Alternativas de Avaliação e Outras Tecnologias

Dentre as alternativas mais simples para realizar as avaliações ergonômicas está o goniômetro e a fita métrica. O primeiro mede os ângulos e o segundo mede a distância entre as articulações do corpo. Por serem ferramentas manuais é essencial a experiência de manuseio e conhecimentos técnicos dos modelos de avaliação para que não ocorram erros por imprecisão humana. Embora essas ferramentas sejam de baixo custo, as principais desvantagens envolvem o tempo gasto em cada medição, além da inviabilidade no *feedback* do usuário e no processamento posterior dos dados [Ramos, 2016].

As alternativas mais comuns são as técnicas comerciais, conhecidas como *Bike Fit*. São avaliações realizadas por profissionais especializados com equipamentos de alta precisão de rastreamento corporal acompanhado de outras ferramentas auxiliares e *softwares*. Um exemplo é a marca Retül que fornece tais equipamentos e compõe um conjunto de tecnologias para este tipo de avaliação [Burt, 2014], mas exige de treinamento especializado para manuseio adequado das ferramentas. O avaliador investe alto para obter esses equipamentos e isso implica também em um investimento para o ciclista. Os preços da avaliação divergem de acordo com o número de sessões, revisões e bicicletas ajustadas. Essa alternativa impulsiona um investimento desestimulante para pessoas com uma condição financeira incompatível com o exigido na avaliação.

O progresso da tecnologia facilitou a criação de ferramentas de baixo custo com funcionalidades comparadas ao Retül. O Kinect é um exemplo de ferramenta composta por um conjunto de sensores que facilitam a coleta de dados corporais de maneira eficiente e rápida, tornando-se uma solução de monitoramento em diversas atividades que otimizam o bem-estar do corpo com um custo mínimo de funcionamento [Ho *et al.*, 2016]. Ele tornou-se um sucesso no ramo científico, estando presente em estudos relacionados a saúde física, principalmente em soluções com foco em reabilitação e correções posturais em atividades do trabalho e do dia a dia [Plantard *et al.*, 2017].

O Kinect contribui no mapeamento das articulações do corpo em tempo real, disponibilizando os dados em valores que representam a localização real de cada articulação no plano cartesiano (X,Y,Z). E conta com adaptadores e uma interface de desenvolvimento fundamental para a construção de sistemas e *frameworks* com ideias inovadoras, tornando-se uma ferramenta com amplas vantagens. Dentre essas vantagens destaca-se a facilidade de uso e configuração, devido à dispensa de qualquer outro equipamento necessário para a sua calibração e funcionamento, facilitando também o seu uso em ambiente domiciliar [Ho *et al.*, 2016; Plantard *et al.*, 2017; Xu *et al.*, 2017].

4. Desenvolvimento do Sistema de Avaliação

Com base nas técnicas atuais e nas tecnologias disponíveis, foi desenvolvido um sistema chamado Bike Sense. Ele auxilia no ajuste ergonômico do ciclista e utiliza o Kinect para coleta dos dados corporais. O sistema é destinado sobretudo aos ciclistas recreativos para

configuração de bicicletas do tipo *Mountain Bike*, de modo que prioriza o foco no conforto antes do desempenho na atividade, além de ser uma alternativa de baixo custo se comparado às técnicas comerciais. O Bike Sense (Figura 3) compõe uma usabilidade simples que fornece *feedbacks* para auxílio em tempo real, suas avaliações são automatizadas, necessitando apenas que o ciclista selecione a atividade antes de se posicionar na bicicleta. Não é necessário nenhum tipo de treinamento e as avaliações podem ser realizadas em poucos minutos em qualquer ambiente.

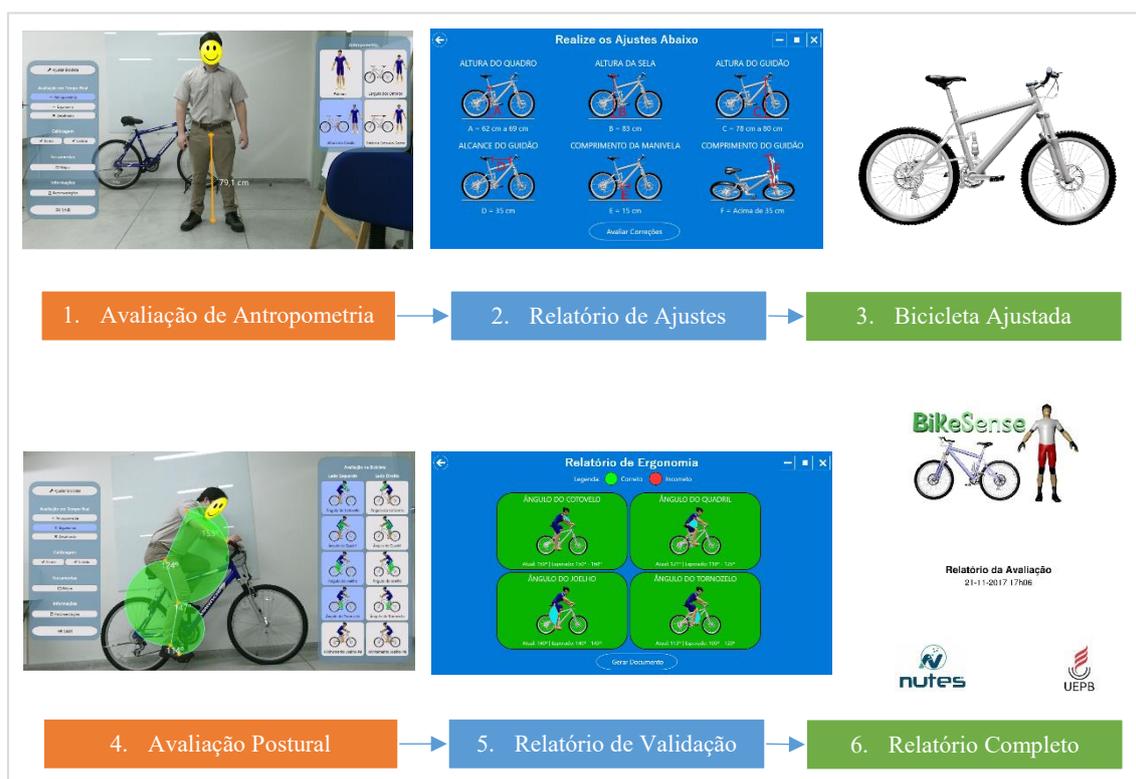


Figura 3. Cenário de Utilização do Bike Sense

O Bike Sense foi desenvolvido com a arquitetura e as funcionalidades do NuSense, um *framework* baseado em *plug-ins* destinado ao monitoramento de atividades que envolvem gameterapias, terapias de reabilitação motora e exercícios físicos. O NuSense tem o objetivo de auxiliar o desenvolvimento de sistemas com soluções para profissionais da saúde, promovendo o bem-estar, a detecção de sintomas e o autocuidado de pacientes, reduzindo a complexidade e auxiliando no controle das funções, armazenamento e exportação dos dados [Costa, 2016]. Na Figura 4 apresenta-se o diagrama contendo a descrição do cenário de utilização do NuSense.

Durante o processo de desenvolvimento do Bike Sense, um ciclista masculino de 168 cm de altura dispôs-se a configurar a sua bicicleta com poucas opções de ajustes. As suas informações de antropometria serviram para definir os ajustes adequados para a bicicleta e a avaliação postural indicou se os ajustes estavam corretos. Os resultados apontaram que os modelos utilizados pelo Bike Sense entraram em conformidade entre si e os componentes ajustados estavam de acordo com outros estudos revisados no período de desenvolvimento do sistema. Na Figura 5 apresenta-se o relatório completo obtido na avaliação, incluindo os dados da avaliação de antropometria, os ajustes adequados para a bicicleta e a avaliação postural após a adequação da bicicleta.

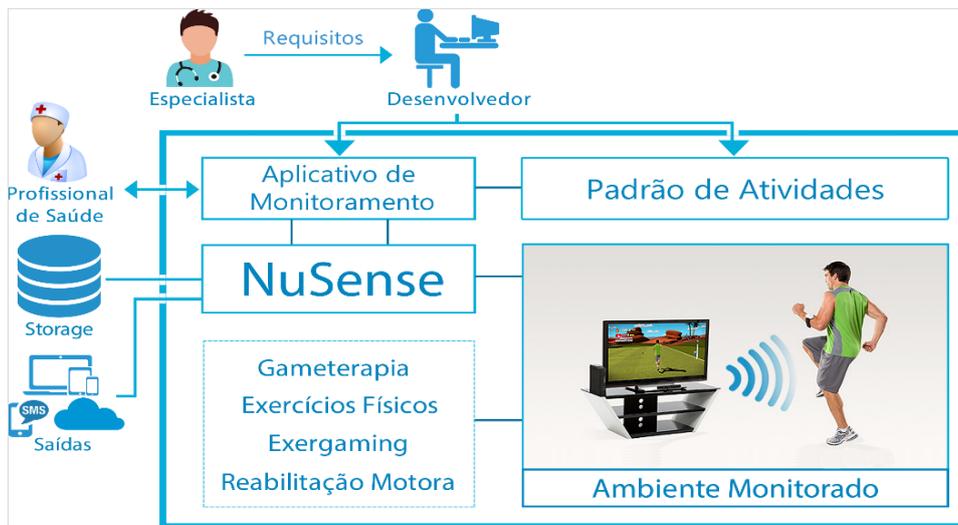


Figura 4. Cenário de Utilização do NuSense. Fonte. Costa (2016)

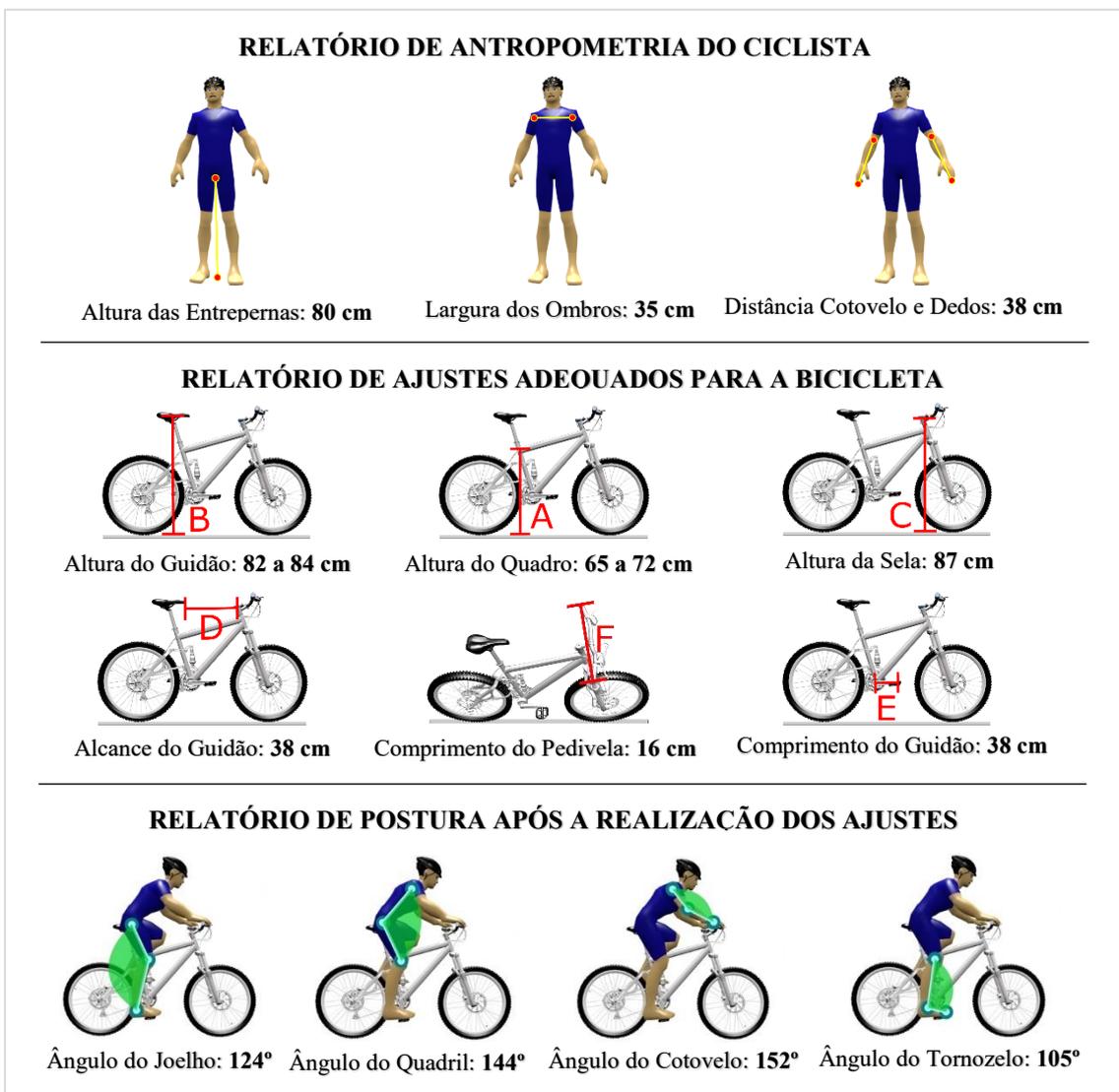


Figura 5. Relatório completo do ciclista avaliado

Para validar a confiabilidade do Bike Sense, solicitamos um profissional de educação física para manusear um goniômetro e verificar os ângulos das articulações do corpo do ciclista voluntário, no intuito de apontar divergências em comparação com o sistema proposto. Os resultados foram positivos, suas conclusões indicaram que o sistema obteve uma alta confiabilidade no rastreamento corporal e nos cálculos realizados para o ajuste da bicicleta.

5. Considerações Finais

O objetivo deste trabalho foi apresentar um sistema desenvolvido para auxílio em avaliações antropométricas e posturais de ciclistas recreativos, no intuito de encontrar um ajuste adequado para a bicicleta de acordo com as características físicas do ciclista, visando uma correção ergonômica que contribua na otimização do conforto na atividade e previna a ocorrência de lesões musculoesqueléticas.

O sistema utiliza tecnologias com um custo abaixo do que é oferecido na indústria para o mesmo tipo de avaliação, além disso, traz recursos e funcionalidades que aumentam a praticidade e a facilidade de uso, com *feedbacks* e instruções em tempo real, promovendo avaliações rápidas, práticas e permitindo a sua realização em ambiente domiciliar, sem a necessidade de conhecimentos técnicos.

O ciclista voluntário executou corretamente todo o procedimento de avaliação e seguiu as instruções do sistema. Os resultados indicaram que os componentes foram ajustados de acordo com as limitações da bicicleta e as características físicas do ciclista, chegando a uma ergonomia adequada conforme os modelos utilizados. O profissional de educação física apontou que o sistema obteve alta confiabilidade na avaliação do ciclista em comparação com o goniômetro. Isso trouxe a conclusão de que os modelos foram compatíveis e o sistema funcionou corretamente.

Desejamos realizar trabalhos futuros para otimizar as futuras versões do sistema. A realização de novas avaliações com ciclistas voluntários garantirá ainda mais a validade estatística dos resultados, bem como a eficiência do sistema, além de contribuir na validação e na ampliação dos modelos utilizados. Pretendemos também estender os modelos de bicicletas disponíveis para avaliação e discernir cada vez mais a busca por conforto e desempenho no ciclismo.

Referências

- Burt, P. Bike Fit: Optimise your bike position for high performance and injury avoidance. A&C Black, 2014.
- Costa, T. H. NuSense: Um framework baseado em plug-ins para ambientes inteligentes aplicado ao monitoramento de gameterapias. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia em Saúde) - Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Campina Grande (PB).
- Grainger, K.; Dodson, Z.; Korff, T. Predicting bicycle setup for children based on anthropometrics and comfort. *Applied ergonomics*, 2017; 59: 449-459.
- Haggag, H.; Hossny, M.; Nahavandi, S.; Creighton, D. Real time ergonomic assessment for assembly operations using kinect. In *Computer Modelling and Simulation (UKSim)*, 2013 UKSim 15th International Conference on (495-500).

- Hayot, C.; Decatoire, A.; Bernard, J.; Monnet, T.; Lacouture, P. Effects of 'posture length' on joint power in cycling. *Procedia Engineering*, 2012; 34: 212-217.
- 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*, 2016; 148: 97-110.
- Huang, S. H.; Pan, Y. C. Ergonomic job rotation strategy based on an automated RGB-D anthropometric measuring system. *Journal of Manufacturing Systems*, 2014; 33(4): 699-710.
- International Ergonomics Association - IEA. Definition and Domains of Ergonomics. 2000. Disponível em: <<http://www.iea.cc/whats/index.html>>. Acesso em: 15 nov. 2017.
- Laios, L.; Giannatsis, J. Ergonomic evaluation and redesign of children bicycles based on anthropometric data. *Applied ergonomics*, 2010; 41(3): 428-435.
- Oja, P.; Titze, S.; Bauman, A.; de Geus, B.; Krenn, P.; Reger-Nash, B.; Kohlberger, T. Health benefits of cycling: a systematic review. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 2011; 21(4): 496-509.
- Oser, S. M.; Oser, T. K.; Silvis, M. L. Evaluation and treatment of biking and running injuries. *Primary Care: Clinics in Office Practice*, 2013; 40(4): 969-986.
- Pheasant, S.; Haslegrave, C. M. *Bodyspace: Anthropometry, ergonomics and the design of work*. 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*, 2017; 61: 71-80.
- Ramos, L. T. L. Flexinect: Um sistema para avaliação de flexibilidade corporal em tempo real utilizando sensores. 2016. Monografia (Graduação em Ciência da Computação) - Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Campina Grande (PB).
- 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*, 2015; 3: 6361-6368.
- Thompson, M. J.; Rivara, F. P. Bicycle-related injuries. *American family physician*, 2001; 63(10): 2007-2013.
- Warburton, D. E.; Nicol, C. W.; Bredin, S. S. Health benefits of physical activity: the evidence. *Canadian medical association journal*, 2006; 174(6): 801-809.
- 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*, 2017; 65: 418-423.