

REDESIGN DE UM DISPOSITIVO PARA AVALIAR AS TENDÊNCIAS DE ENTORSE DE TORNOZELO

REDESIGN OF A DEVICE TO EVALUATE SPRAIN ANKLE TENDENCIES

*Bruna de São Thiago Serpi¹, Graduanda.
Jucelia Salete Giacomini da Silva², Dra.
Ivo Coutinho³, Me.*

*(1) Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)
e-mail: bserpidesign@gmail.com*

*(2) Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)
e-mail: jucelia.giacomini@ifsc.edu.br*

*(3) Universidade Politécnica do Porto (IPP)
e-mail: ivocoutinho1982@gmail.com*

Palavras-chave: dispositivo de saúde, entorse de tornozelo, design de produto

O projeto HEADS consistiu na criação de dispositivos na área da saúde. A oportunidade de projeto estava no problema frequente de entorses de tornozelo em atletas. Assim o objetivo foi o redesign de um dispositivo que analisasse a tendência à torção de tornozelo. Em cooperação com uma equipe multidisciplinar e com enfoque na tecnologia, ergonomia e design, foram projetadas, algumas alternativas de redesign para o dispositivo de entorse.

Key-words in English: health device, sprain ankle, product design

The Heads project consisted in the creation of health related devices. The project opportunity was about sprain ankles in athletes. Thus, this project's aim was to redesign a device that allowed for the analysis of sprain ankle tendencies. In cooperation with a multidisciplinary team, with focus on technology, ergonomics and design, some redesign alternatives for the device were created.

1. Introdução

O projeto HEADS (*Health Devices and Systems*) teve início na *Porto Design Factory* (PDF) em 2015 e atualmente se encontra em etapa de prototipação. A participação desta autora, como intercambista advinda do CST Design de Produto do IFSC no programa, ocorreu no período de março a agosto de 2016 e foi proporcionada pelo programa PROPICIE, Edital nº 36/2015/PROPPI, com a parceria estabelecida pelo Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) com o Instituto Politécnico do Porto (IPP). Este projeto teve como objetivo desenvolver um dispositivo com sensores que proporcionem a análise de tendência à torção de tornozelo em atletas. Tais sensores necessitam ser distribuídos em regiões do corpo do paciente de acordo com as indicações do fisioterapeuta. Assim o fisioterapeuta pode realizar um programa reabilitativo ao paciente de acordo com seu grau de torção.

Para o desenvolvimento deste projeto foi utilizado o método Guia de Orientação para Desenvolvimento de Projetos (GODP) [MERINO, 2016]. Este método orientou as etapas de trabalho que foram desenvolvidas em cooperação com uma equipe multidisciplinar das áreas de Design, Fisioterapia, Engenharia Informática, Marketing e Engenharia Eletrônica. Os resultados obtidos neste projeto foram os requisitos do produto, bem como o desenvolvimento de propostas para o redesign do dispositivo de entorse.

2. Fundamentação Teórica

O tornozelo é considerado uma das regiões do corpo mais suscetível a lesões durante a atividade esportiva [NUNES; NORONHA; CARVALHO, 2015]. Cerca de 30% das lesões esportivas são lesões nesta região e a entorse de tornozelo representa 77% dessas lesões. O fortalecimento muscular e os exercícios proprioceptivos como técnicas efetivas para o tratamento e/ou prevenção das entorses de tornozelo, são métodos para a redução deste tipo de lesão.

Segundo Beirão e Marques (2006), a função biomecânica eficiente do tornozelo depende de sua capacidade de agir como um absorvedor de choques ou impactos, durante o ciclo da marcha. Os movimentos articulares envolvidos, comumente nas lesões do tornozelo e do pé são desencadeados ao caminhar sobre superfícies irregulares, pisar em buracos, rodar o tornozelo durante uma manobra de corte ou aterrar sobre o pé de outro jogador ao descer de um salto nos eventos desportivos [LEÃO, 2002]. As lesões resultantes variam de fratura, luxação a dano ligamentar (entorse). A lesão do ligamento geralmente ocorre no momento do impacto do pé contra o solo. Quando isto ocorre, o pé está em flexão plantar e supinado, o que provoca maior instabilidade óssea do tornozelo. Dentre os tipos de lesões de tornozelo, a inversão é a mais comum, dentre atletas. Afirma Leão (2002), que o termo “entorse” é frequentemente usado em referência específica a lesão de um ligamento, recebendo graduação de entorse de grau I, II e III.

- Grau I: Envolvimento apenas dos ligamentos laterais;
- Grau II: Envolvimento tanto dos ligamentos mediais quanto dos laterais;
- Grau III: Envolvimento dos ligamentos laterais e mediais e do pseudoarticular tibiofibular (interósseo) distal.

Na Figura 1 observa-se os tipos de torções existentes, inversão e eversão.



Figura 1: Inversão de tornozelo
Fonte: Blumm (2015)

A partir dos estudos realizados sobre os tipos de entorse de tornozelo, o modo como elas ocorrem, o número elevado de casos de entorses entre atletas, os testes realizados com o protótipo *Trapdoor* em

paralelo com as explicações dos fisioterapeutas sobre o mecanismo de entorse, foi possível entender a situação pelo qual os atletas passam ao torcer o tornozelo assim como o trabalho que o fisioterapeuta deve realizar para auxiliar o seu paciente. Permitindo que durante a geração de alternativas fossem considerados os ângulos limiares para ocorrer a torção, assim como as formas e geometrismo que auxiliam o trabalho do fisioterapeuta e não prejudicam o paciente.

3. Análise de usuários, produto e contexto

De acordo com o método GODP, as informações coletadas durante o projeto foram segmentadas em três blocos de referência: usuário, contexto e produto. O quadro 1, sobre usuários, mostra o público-alvo definido através de estudos preliminares da Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto (ESTSP) através de teses sobre entorse de tornozelo, com o conhecimento de fisioterapeutas e de estudos experimentais com jogadores de futebol do Porto, Portugal. Foram realizadas pesquisas complementares a respeito dos esportes com maior incidência de entorse de tornozelo, futebol, voleibol e basquetebol [LEÃO, 2011]. Assim foi possível definir as dimensões que o dispositivo de entorse deve apresentar para comportar o tamanho dos pés dos jogadores, bem como em quais superfícies os jogadores costumam praticar o esporte, conforme quadro 1.

 USUÁRIOS		
 FUTEBOL 1,55m - 1,82m peso 65 kg - 90kg Tamanho 37 - 43 EU 23,8 cm - 26,7 cm Superfície do campo: gramado (irregular)	 VOLEIBOL 1,68m - 2 m peso 67 kg - 90kg Tamanho 39 - 50 EU 25,1 cm - 30 cm Superfície da quadra: concreto	 BASQUETEBOL 1,72m - 2,10 m peso 70kg - 110kg Tamanho 40 - 52 EU 25,4 cm - 31,6 cm Superfície da quadra: concreto
OBS: Os dados fornecidos são medidas mínimas e máximas de atletas femininos e masculinos.		

Quadro 1: Síntese sobre os usuários
Fonte: Autoria própria.

De acordo com as pesquisas anteriores realizadas pela ESTSP, foi definido que as clínicas de fisioterapia seriam as principais interessadas no resultado do projeto (quadro 2).

 CONTEXTO	
CLÍNICAS DE FISIOTERAPIA Permite a verificação de entorses e lesões semelhantes. Oferece condições únicas de avaliação de lesões: entorse grau I entorse grau II entorse grau III	PORTÁTIL Permite a realização de testes no clube ou até mesmo em casa. Para usuários indiretos: facilita a higienização e o transporte intra-instalações.

Quadro 2: Contexto de uso do produto
Fonte: Autoria própria.

A necessidade deste produto em clínicas de fisioterapia está relacionada com o propósito de existência do produto, ou seja, a verificação de entorses e lesões análogas, além da frequência e impacto nos atletas.

Assim, os atletas serão orientados pelo seu técnico para se dirigir a uma clínica de fisioterapia que possua o equipamento. O produto deve ser portátil para permitir a sua utilização em mais do que um local além de facilitar a higienização do produto e o transporte intra-instalações.

No quadro 3 foram sintetizadas as funções que o produto deverá ter, as propriedades dos materiais de produtos hospitalares, informações sobre lesões de tornozelo, bem como informações sobre impressão 3D no ramo da Saúde.



PRODUTO			
FUNÇÕES	MATERIAIS	A LESÃO	IMPRESSÃO 3D
Equipamento reabilitativo	Baixo peso	Entorse - dano ligamentar	Contribui na tecnologia assistiva
Fortalecer o tornozelo	Resistência mecânica e ao desgaste	Ocorre no momento do impacto do pé contra o solo.	Usado para ser um protótipo ou então um produto final
Melhorar o bem-estar antes, durante e após as atividades esportivas	Propriedades antichamas	Grau I Grau II Grau III	ABS- resistência e flexibilidade PLA- deforma menos; biodegradável
Interação mais fácil com o ambiente	Atóxico		
	Reciclável		
	Fácil limpeza		

Quadro 3: Síntese sobre produto
Fonte: Autoria própria.

4. Desenvolvimento do produto

Para o projeto HEADS, o *brainstorming* foi realizado com bolsistas e professores da PDF, das áreas de Design, Engenharia Informática, Marketing e Eletrotécnica. A ferramenta *brainstorming* consiste na reunião de um grupo de pessoas para lançar várias ideias com a finalidade de solucionar um problema em específico. Nesta sessão de *brainstorming* ideias simples e complexas foram discutidas a fim de estabelecer as possibilidades de redesign do dispositivo do projeto. Como a equipe era multidisciplinar, foram geradas ideias relacionadas a diferentes escopos do projeto. Ideias como: a modularidade do produto, facilitando a portabilidade; utilização de cores sóbrias, remetendo a ambientes hospitalares; ter queda de plataformas com tempo programado, para haver efeito surpresa para o atleta; dentre outras. O protótipo (Figuras 2 e 3) do dispositivo para entorse de tornozelo foi desenvolvido pela equipe de participantes do HEADS no início de 2015, o qual foi denominado de *Trapdoor* e se encontra na ESTSP. Estudos sobre Goniometria, técnica para medir ângulos muito usada por fisioterapeutas de inversão de tornozelo (CHICHON, 2004), indicam que o mínimo da amplitude do movimento do tornozelo é de 15° e o máximo em torno de 32°, conforme membro dominante ou não dominante. De acordo com os fisioterapeutas da ESTSP, o redesign do protótipo *Trapdoor* deveria ter no máximo um ângulo de 30° de amplitude para a

queda das plataformas, não havendo a inversão de tornozelo e aprimorando a ergonomia do protótipo, adaptando assim o produto às limitações do atleta.



Figura 2: *Trapdoor* e Goniometria
Fonte: Autoria própria.

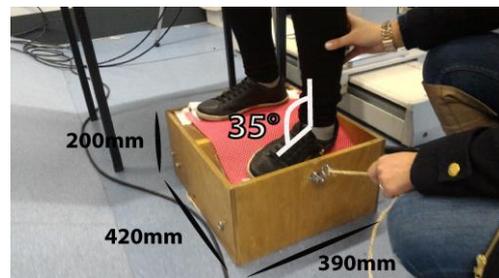


Figura 3: *Trapdoor* e Ergonomia
Fonte: Autoria própria.

O protótipo *Trapdoor*, assemelha-se a uma caixa, a qual possui duas plataformas que caem conforme o fisioterapeuta puxa manualmente a corda na lateral do protótipo. O ângulo da amplitude do movimento do tornozelo foi de 35°, o que causou ao usuário uma leve dor no tornozelo horas após o teste. Sendo que o ângulo indicado pelos fisioterapeutas é de 30° para o segundo protótipo a ser realizado a partir do redesign do *Trapdoor*. Assim provavelmente não causará dores ao usuário que participará do teste. De acordo com os fisioterapeutas da ESTSP, o efeito surpresa para o atleta, de queda das plataformas é fundamental para a avaliação da tendência de entorse do atleta. Pois se o atleta souber que as plataformas irão cair efetuará um tensionamento dos músculos relacionados ao tornozelo, podendo machucar-se ou alterar os resultados obtidos através dos sensores acoplados no seu corpo.

5. Resultados

Com base na pesquisa realizada e nos dados apresentados foram definidos os requisitos de projeto segmentados nos blocos de informação: produto, usuário e contexto.

A atividade de definição de requisitos foi realizada com a equipe multidisciplinar presente no *brainstorming* e envolvida no projeto HEADS. Nesta etapa toda a equipe analisou os requisitos considerados mais importantes e quais não eram essenciais para o redesign do dispositivo.

	 USUÁRIO	 PRODUTO	 CONTEXTO	
saúde	Regulagem de ângulos pelo fisioterapeuta	Leve e orgânico Surpresa da queda plataforma	Fácil limpeza Material antibacteriano	R E Q U I S I T O S
segurança	Silhuetas de palmilhas (tamanhos)	Queda livre Amortecedor até 30° Anti-derrapante Mecanismo de controle no interior	Anti inflamável Produto fixável ao chão	
conforto	Superfície de gramado/borracha.. Tênis esportivo	Sistema de fechamento/abertura Cores neutras	Portátil	

Quadro 4: Requisitos de projeto
Fonte: Autoria própria.

A partir dos requisitos estabelecidos e categorizados no Quadro 4, iniciou-se a geração de alternativas. Deste modo foi realizado estudo para o redesign do *Trapdoor* existente, de maneira que a ergonomia e estética do produto fossem aprimoradas.

Na Figura 4, a alternativa contém um sistema elétrico de queda das plataformas com efeito surpresa com ângulo máximo de 30°, compartimento interior para mecanismo elétrico, plataformas com silhuetas para localização dos pés, alças e rodinhas para melhor portabilidade, design orgânico e cores neutras.

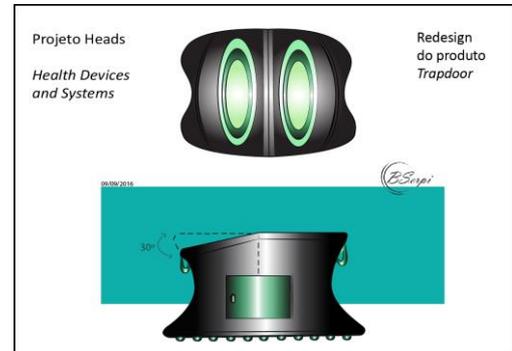


Figura 4: Proposta 1
Fonte: Autoria própria.

A Figura 5 apresenta a alternativa que contém um sistema elétrico de queda das plataformas com efeito surpresa com ângulo máximo de 30°, compartimento interior para mecanismo elétrico, plataformas com silhuetas para localização dos pés.

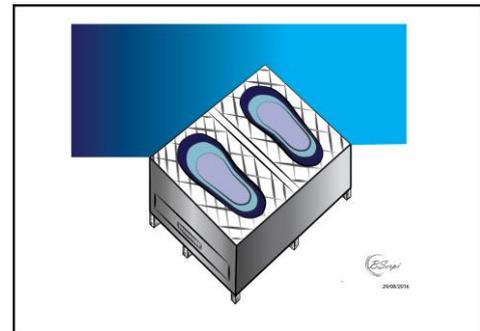


Figura 5: Proposta 2
Fonte: Autoria própria.

As Figuras 6 e 7 representam um sistema elétrico de queda das plataformas com efeito surpresa programado pelo fisioterapeuta, com ângulo máximo de 30°, amortecimento de molas/borracha, compartimento interior para mecanismo elétrico, plataformas com silhuetas para localização dos pés, design orgânico e cores neutras.

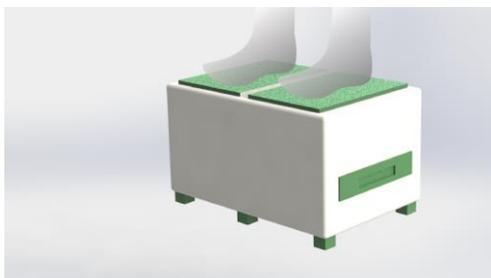


Figura 6: Proposta 3
Fonte: Autoria própria.



Figura 7: Proposta 3, vista superior
Fonte: Autoria própria.

O projeto Heads está ainda em desenvolvimento pela equipe da PDF e está em fase de prototipagem do segundo protótipo *Trapdoor* realizado a partir das propostas de redesign feitas pela autora.

6. Conclusões

A análise de tendência à torção de tornozelo do atleta, juntamente de sensores, auxiliará o fisioterapeuta a realizar um programa reabilitativo personalizado ao paciente de acordo com seu grau de torção. Garantindo o bem-estar dos atletas. Além de proporcionar um meio eficaz de avaliação e seleção usado por diretores de equipes de futebol, vôlei, dentre outros esportes, para julgar se o investimento em um atleta será positivo ou não, de acordo com a probabilidade de entorse de tornozelo. Um projeto de produto requer um domínio das noções básicas de ergonomia, para melhorar a interação entre usuário e produto. O atendimento aos requisitos ergonômicos possibilita aumentar a satisfação e o bem-estar, a prevenção de futuros danos ao corpo, além de garantir a segurança do usuário. O uso da ergonomia também aperfeiçoa o desempenho da tarefa, o rendimento

do trabalho e a produtividade do sistema usuário-tarefa-produto.

7. Referências Bibliográficas

BEIRÃO, Marcelo Emilio; MARQUES, Thiago Álvaro R.. **Estudo dos fatores desencadeantes do entorse do tornozelo em jogadores de futebol e elaboração de um programa de fisioterapia preventiva.** 2006. Disponível em:

<<http://periodicos.unesc.net/saude/article/viewFile/6/4>>. Acesso em: 11 abr. 2016.

BLUMM, Ana Carolina Nerva. **Análise do ambiente mercadológico e tecnológico para a definição de especificações-meta e conceito de uma prótese transtibial.** 2015. Disponível em:

<http://bdm.unb.br/bitstream/10483/13662/6/2015_AnaCarolinaNervaBlumm.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2017.

CHICHON, Elisangela de Fatima. **Análise das alterações de força e amplitude de movimento de tornozelo de atletas de futebol de campo com entorse de tornozelo.** 2004. 79 f. TCC

(Graduação) - Curso de Fisioterapia, Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2004. Disponível em:

<<http://tcconline.utp.br/wp-content/uploads/2012/09/ANALISE-DAS-ALTERACOES-DE-FORCA-E-AMPLITUDE-DE-MOVIMENTO-DE-TORNOZELO-EM-ATLETAS-DE-FUTEBOL-DE-CAMPO-COM-ENTORSE-DE-TORNOZELO.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2017.

LEÃO, Sônia Rabelo Gomes. **A incidência de entorse de tornozelo no esporte: Uma revisão de literatura.** 2002. Disponível em:

<http://portalbiocursos.com.br/ohs/data/docs/32/67_-_A_incidencia_de_entorse_de_tornozelo_no_esporte_-_uma_revisao_de_literatura.pdf>. Acesso em:

11 abr. 2016.

MERINO, Giselle Schmidt Alves Díaz. **GODP Guia de Orientação para Desenvolvimento de Projetos: Uma metodologia de design centrado no usuário.** 2016. Disponível em: <<http://www.ngd.ufsc.br/files/2016/07/e-book-godp.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2017.

NUNES, Guilherme S.; NORONHA, Marcos de; CARVALHO JUNIOR, Vanderlei A. de. **Imagética motora no tratamento da entorse lateral de tornozelo em atletas de futebol de campo: um estudo piloto.** Fisioterapia e Pesquisa, São Paulo, v. 22, n. 3, p.100-110, jul. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-29502015000300282&lang=pt>. Acesso em: 28 mar. 2016.