



REMO PARALÍMPICO: BIOMECÂNICA DO ESPORTE E EQUIPAMENTOS DE TREINAMENTO (UMA REVISÃO)

Gean Pablo Gonçalves de Ataíde^[0000-0001-5960-7032], Universidade Federal de Uberlândia, geanpablo@ufu.br
Cleudmar Amaral de Araújo^[0000-0002-1529-7172], Universidade Federal de Uberlândia, cleudmar.araujo@ufu.br
Juliana Cardoso Braga^[0000-0002-2954-9756], Universidade Federal de Uberlândia, juliana.emailufu@gmail.com
Thiago Gomes Cardoso^[0000-0001-7366-667X], CEFET-MG, thiagocardoso@cefetmg.br

Resumo. O esporte paralímpico é tido como uma importante ferramenta de inclusão, de reabilitação, saúde e bem-estar. O remo paralímpico é uma modalidade que vem crescendo ao decorrer dos anos e detém uma grande importância entre os esportes de alto rendimento. Compreende-se, de acordo com vários autores, que o treinamento de potência é o principal fator no aumento de performance de atletas de alto nível no remo paralímpico e que o exercício efetuado em altas velocidades, coerentes com as praticadas durante as competições, juntamente com o gesto motor correto é a melhor forma de se alcançar os resultados ótimos de ganho de potência. É uma realidade, porém, que os equipamentos disponíveis para tal finalidade não atendem os requisitos de um treinamento de alta performance, fazendo-se necessário um trabalho no sentido de desenvolver tecnologias que supram essa necessidade.

Palavras chave: Remo, esporte paralímpico, treinamento muscular, treinamento resistido

1. INTRODUÇÃO

É de senso comum na sociedade, diante dos inúmeros estudos divulgados, que a atividade física é uma das responsáveis por aumentar o nível de bem-estar do praticante assim como melhorar as condições biomecânicas do indivíduo, como força e flexibilidade (CARDOSO, 2018). Diante dessa premissa, o esporte paralímpico torna-se um pilar de inserção e disseminação da atividade física para pessoas com deficiência ou algum tipo de limitação.

O movimento paralímpico cresce no mundo todo e cada vez mais paratletas de alto desempenho desportam nas mais diversas modalidades desportivas. Especificamente no Brasil, o movimento foi oficializado pela criação do Comitê Paralímpico Brasileiro em 1995 com o objetivo de promover a inclusão no esporte e possibilitar a participação de atletas brasileiros nos Jogos Paralímpicos (CPB, 2022).

Um grande marco que impulsionou o movimento paralímpico no Brasil foram os Jogos Paralímpicos do Rio em 2016, onde os paratletas brasileiros conseguiram o marco de 72 medalhas, inspirando uma nova geração de paratletas. A marca de 72 medalhas foi repetida nos Jogos Paralímpicos de Tóquio 2020 (ocorridos em 2021), onde o Brasil também alcançou uma medalha de bronze no remo (CPB, 2022).

O desenvolvimento de tecnologias voltadas a atletas com deficiência impacta diretamente no nível do esporte paralímpico e reflete na população de pessoas com deficiência como um todo. Tais tecnologias tem como principal objetivo promover a inclusão, seja na forma de equipamentos aplicados diretamente para reabilitação motora, seja na forma de inclusão social por meio da difusão do esporte.

O remo paralímpico é um esporte clássico e com grande potencial de medalhas, por isso faz-se necessário o desenvolvimento de tecnologias focadas no treinamento de atletas de alto desempenho para essa modalidade. Neste artigo é feito um levantamento geral do remo paralímpico, das especificidades e princípios da atividade física que devem ser considerados ao realizar o treinamento físico neste esporte, das recentes recomendações de treinamento de alto desempenho propostas por diferentes autores, dos equipamentos hoje disponíveis para tal propósito e de novas tecnologias que podem ser empregadas para alcançar melhores desempenhos nos treinamentos.

2. REMO PARALÍMPICO

No Brasil, prática do remo por pessoas com deficiência começou na década de 1980 como parte de um programa de reabilitação promovido pela Superintendência de Desportos do Rio de Janeiro. Em 2005, após o esporte começar a se difundir no panorama mundial, foi reativado no Brasil o Departamento de Remo Adaptável, já com a finalidade de desenvolver um trabalho permanente no sentido profissionalização e participação em competições. A modalidade é chamada de “remo adaptável”, pois a prática do esporte permanece inalterada. As adequações são feitas nos equipamentos de forma que possibilitem que os atletas compitam seguindo as mesmas regras do esporte olímpico. (CONFED, 2022).

As adaptações feitas nos barcos são concebidas de acordo com as necessidades corporais de cada atleta e podem estar relacionadas com o tamanho dos remos, presença de flutuadores, presença de faixas de segurança para estabilizar o competidor e os assentos que, podem ser fixos ou móveis. Deficientes físicos, visuais e cognitivos podem praticar o remo adaptável. Exemplos de condições físicas presentes no paradesporto são amputações, lesões de medula espinhal e paralisia cerebral. Existem três modalidades de barcos, podendo ser individuais, duplos ou quádruplos, Fig (1). Estas modalidades



de barcos estão disponíveis nas competições do gênero masculino e feminino e ainda subdivididas em quatro classes de acordo com o nível de mobilidade de cada paratleta. (IPIE, 2021).



Figura 1. Tipos de barcos utilizados no remo paralímpico. a) Individual “Single Skiff”. b) Duplo “Double Skiff”. c) Quádruplo “Four Skiff”, adaptado de Remo Brasil (2022)

O treinamento dos atletas do remo paralímpico é feito tanto em água quanto em terra. Na água os atletas praticam nas mesmas condições das provas, porém para essa prática é necessário o um local apropriado, como um clube de remo, o que envolve muitas vezes a necessidade de grandes deslocamentos, é importante ter condições climáticas favoráveis e existem maiores limitações de horário de funcionamento dos clubes. O treinamento em terra é mais prático, pode ser realizado em academias, centros de treinamentos ou até mesmo em casa, e envolve o uso de equipamentos desenvolvidos para a modalidade olímpica do remo que são adaptados para as necessidades de cada atleta paralímpico. O principal desafio do treinamento em terra é atender aos princípios do treinamento resistido, que são abordados posteriormente neste artigo.

3. BIOMECÂNICA DO ESPORTE

O primeiro passo para a compreensão do movimento de remada é entender a dinâmica do barco a remo. Utilizando um modelo unidimensional, Fig. (2), na direção do deslocamento do barco, desprezando as flutuações laterais e verticais, o movimento do barco é regido basicamente por duas forças, uma força propulsora que as pás aplicam sobre a água e uma força resistiva que a água aplica sobre o casco do barco.

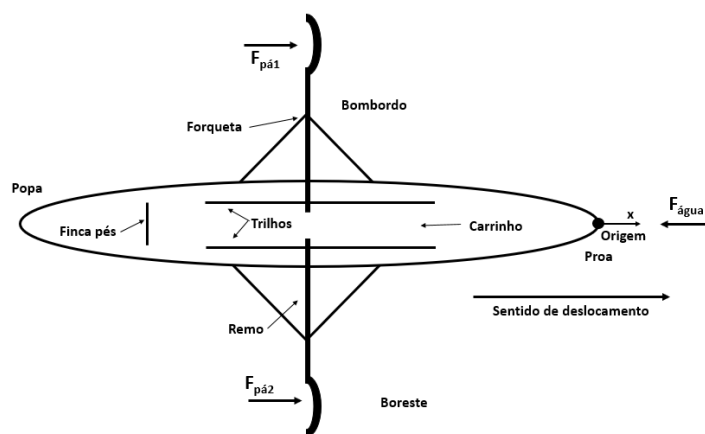


Figura 2. Diagrama de referências e forças atuantes no sistema, Autores (2022)

O movimento do remo, normalmente, é descrito na literatura em quatro fases: entrada (*catch*), propulsão (*drive*), finalização (*release*) e recuperação (*recovery*), que podem ser observadas em uma curva de força x tempo. Segundo NUNES (2012), a morfologia da curva de força desenvolvida na empunhadura caracteriza diferentes estratégias de remada que os remadores podem adotar. As classificações mais comuns são o *Stroke*, onde o pico de força acontece na primeira metade do “*drive*” e o *Bow*, onde o pico de força acontece na segunda metade do “*drive*”.

Na Fig. (3) é possível observar as fases da remada. Entre os quadros 1 e 2 há a inserção do remo na água e início do movimento (*catch*). Entre os quadros 3 e 4 o remo percorre toda a sua trajetória de aplicação de força para impulsionar o barco (*drive*). Entre os quadros 5 e 6 tem-se a finalização do drive com retirada do remo da água (*release*). Entre os quadros 6 e 1 há volta da pá à proa (*recovery*) e a preparação do novo *catch* do ciclo seguinte, dando continuidade ao movimento continuamente, segundo (NUNES, 2012).

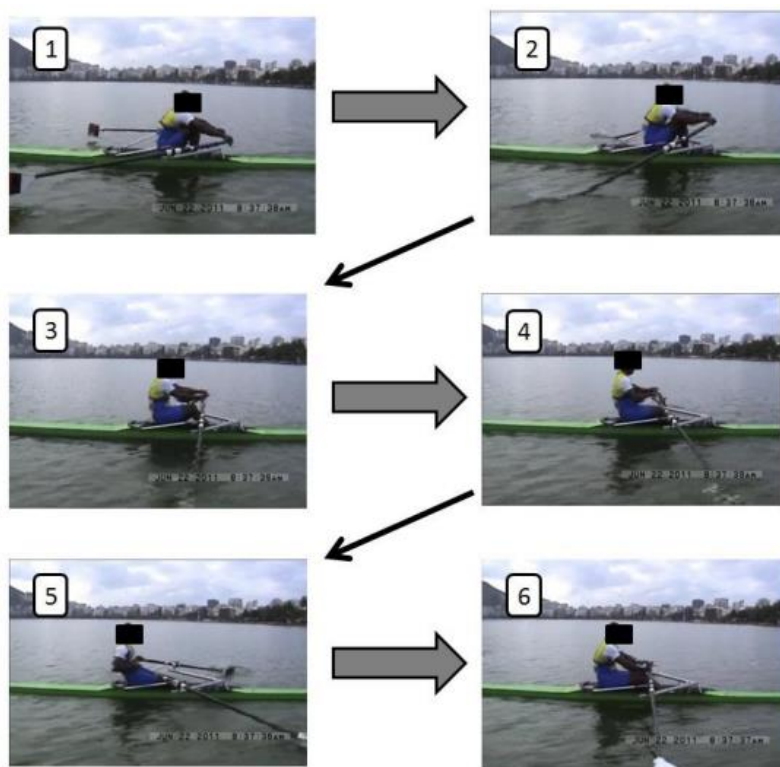


Figura 3. Fases do ciclo da remada, Nunes (2012)

A biomecânica do atleta remador é o que vai determinar as características da curva de força desenvolvida na empunhadura do remo e consequentemente os perfis de aceleração, velocidade e deslocamento desenvolvidos no percurso. É possível observar também pela Fig. (3) as características de movimentação dos braços, a inclinação do tronco e a movimentação das pernas do atleta, que impulsionam o corpo sobre o “carrinho”, para trás e para frente. Vale destacar as particularidades de cada modalidade do remo paralímpico, uma vez que limitações da movimentação do carrinho e do tronco do atleta afetam diretamente toda a dinâmica do esporte.

4. TREINAMENTO VINCULADO AO ESPORTE

Segundo (FLECK; KRAEMER, 2017), para que se compreenda como se desenvolve um exercício, ou quais são as variações possíveis, é essencial o conhecimento da biomecânica do exercício. O treinamento resistido é utilizado para descrever um tipo de exercício que exige que a musculatura corporal se movimente contra uma força oposta geralmente aplicada por algum tipo de equipamento. Existem alguns princípios que guiam as práticas de atividade física de modo a obter um melhor desempenho, eles são:

- **Princípio da individualidade biológica:** Cada indivíduo possui uma estrutura física única. Com isso, cada pessoa responde de forma diferente aos mesmos estímulos empregados;
- **Princípio da sobrecarga crescente:** O nível de sobrecarga deve ser crescente, de forma a gerar novos estímulos ao organismo em um patamar superior ao que ele está acostumado. A sobrecarga se faz por meio de intensidade, maior tempo ou maior frequência;
- **Princípio da especificidade:** O treinamento deve ser o mais próximo possível da atividade real. Tanto na questão dos músculos estimulados durante a atividade de treinamento quanto os perfis de velocidades e acelerações desenvolvidos na atividade real;
- **Princípio da continuidade:** O corpo deve ter tempo de se adaptar à condição de exercício imposta, a constância nas atividades físicas é o que garante isso;
- **Princípio da reversibilidade:** A interrupção dos exercícios irá provocar uma perda progressiva ou total das adaptações conseguidas ao longo dos treinamentos, forçando o corpo a retornar a um estado padrão condizente com o nível de atividade atual.

Observa-se então que um atleta deve possuir um treinamento específico para o seu corpo e condição física, o mais próximo possível das condições reais das provas e de forma contínua para manter ou superar seus resultados. No caso do remo, o treinamento unicamente em água pode se tornar inviável, especialmente em atletas com mobilidade reduzida, uma vez que pode envolver grandes deslocamentos até um local apropriado para a prática esportiva, e também limitações



de horário e condições climáticas. Por isso se faz essencial o treinamento muscular em equipamentos específicos voltados para a modalidade do remo.

Para obter os melhores resultados, precisa-se conhecer as especificidades demandadas pelo esporte. De acordo com WARMENHOVEN *et al* (2018), quanto maior a eficiência na aplicação de força durante o “drive”, menor será o tempo gasto no percurso da competição de remo. Como as competições de alto desempenho são decididas por segundos, ou até frações de segundos, é de se esperar que a ênfase em treinamentos de força melhorem a performance dos atletas.

DA SILVA *et al* (2020) sugere que quanto menor o número e maior a amplitude da remada, maior será a velocidade alcançada pelo barco, corroborando com a suposição de que a aplicação contínua de força aumenta a performance no esporte. Como consequência da maior amplitude da remada e maior aplicação de força em cada ciclo fica evidente que a potência elevada durante cada ciclo da remada pode melhorar o desempenho nas corridas de barco à remo.

Os treinamentos usuais para atletas do remo prevêem rotinas de alto volume e consequente baixa potência muscular, porém entende-se que os atletas que conseguem produzir força de forma mais rápida terão melhores resultados nas competições. Essa capacidade é atingida com treinamentos de alta potência, onde o atleta realiza a aplicação de força em velocidades compatíveis com as velocidades de competição (DA SILVA *et al*, 2020).

A literatura em geral aponta que o treinamento muscular deve ser pensado para ganho de força, potência e técnica para que traga resultados ótimos. Neste aspecto, o treinamento muscular é fundamental para uma boa performance do atleta, porém existem poucos equipamentos que utilizam o gesto motor real do atleta associado ao barco para efetivamente alcançar os objetivos esperados, considerando-se inclusive as velocidades e acelerações específicas do gesto motor. Ainda, os equipamentos que mais se aproximam do gesto motor real, são projetados para atletas com plenas capacidades motoras, o que dificulta a adaptação para atletas com mobilidade reduzida.

De acordo com (CAMPOS, 2000), os dispositivos para o treinamento resistido podem ser classificados em: Mecanismos de treinamento com resistência constante; de resistência gravidade-dependente; de resistência variável; isocinéticos; assistidos por computador; elástico-resistidos

Os mecanismos de resistência constante, como os pesos livres, são os mais comuns no treinamento de força e resistência. A utilização de exercícios com pesos livres aumenta a atividade muscular, uma vez que a estabilização corporal se dá inteiramente pelo próprio corpo do indivíduo, sem o auxílio de apoios. Como a força peso é a responsável pela resistência ao movimento, os exercícios devem buscar a movimentação na direção contrária à ação da gravidade. Com isso, os músculos que realizam movimentos na horizontal não são afetados diretamente.

Mecanismos de resistência gravidade-dependente são dispositivos caracterizados por pilhas de massas onde há a alteração de direção da força por meio de cabos e polias, o que segundo (CAMPOS, 2000) torna o exercício mais eficiente para músculos isolados. Tais aparelhos são altamente utilizados em academias e algumas de suas vantagens são: segurança, flexibilidade de execução de exercícios e facilidade de uso. A carga neste tipo de aparelho permanece constante durante todo o exercício, produzindo assim torques constantes, o que deixa o sistema ineficiente quando comparado com a capacidade de produção de força do músculo. Segundo (SIQUIEROLI, 2007), a força produzida por um músculo varia na medida em que se contrai ou se estende. Em tal configuração, o equipamento não consegue produzir o máximo torque resistivo de acordo com o torque disponível no músculo com a variação do ângulo da articulação. Tais mecanismos também possuem alta inércia, o que impossibilita o treinamento das fibras rápidas por meio de exercícios de alta velocidade.

Nos equipamentos de resistência variável as cargas permanecem constantes durante a atividade, mas são utilizados cames cuja variação dos raios é responsável por alterar o valor do torque, sendo capazes de gerar uma curva de torque resistente próxima à curva de torque disponível na articulação. Porém, devido à inércia e aceleração variável durante a execução dos exercícios, essas máquinas, só são eficientes em regimes de execução lentos segundo (SIQUIEROLI, 2007).

De acordo com (CAMPOS, 2000), os aparelhos isocinéticos mantêm constante uma velocidade angular previamente configurada. Dessa forma, é possível estabelecer a máxima força desenvolvida em certa velocidade de movimentação. Qualquer esforço produzido durante o exercício encontrará uma resistência relativa à movimentação do equipamento em velocidade constante.

Nos mecanismos assistidos por computador, um computador adapta a resistência à curva de força do executante durante a realização da atividade, podendo ser ajustadas também velocidade, potência, acelerações e amplitudes de movimento (CAMPOS, 2000). São equipamentos tecnológicos e precisos, porém de alto custo.

Nos mecanismos elástico-resistidos, a resistência ao movimento varia de acordo com a deformação de molas ou elásticos, sendo ela maior à medida que se aumenta a deformação. Mas conforme ressaltado por (CAMPOS, 2000; SIQUIEROLI, 2007), esse tipo de mecanismo apresenta algumas limitações uma vez que o músculo apresenta maior resistência na fase excêntrica (extensão), justamente quando ocorre a redução de carga devido ao encurtamento do elemento elástico. O elemento elástico também apresenta aumento de resistência ao final da amplitude articular, quando a capacidade de produção de força do músculo diminui.

Para a especificidade do remo existem os remoergômetros, Fig. (4-a), que são amplamente aceitos para treinamento muscular, inclusive sendo os equipamentos utilizados em novas modalidades de competição chamadas de “remo indoor”, que ocorrem em ginásios ou academias, em vez do convencional barco sobre a água. Os remoergômetros convencionais não possuem ajustes para pessoas com deficiência, sendo necessárias adaptações.



Figura 4. a) Remoergômetro, Neal (2021); b) “Rower Master”, Toorx®(2021).

O equipamento que hoje mais se aproxima do gesto motor da remada real é o “Rower Master”, Fig (4-b), da empresa italiana Toorx®. Esse aparelho possui ajustes de inclinação, e travamento do banco, o que auxilia usuários com baixa mobilidade, porém ainda não é adaptável para usuários que necessitam de contenção no tronco para estabilidade. Seu funcionamento se dá por meio de dois cilindros pneumáticos que oferecem resistência ao movimento, esse mecanismo possui 12 ajustes de força.

Em termos de acessibilidade, já existem algumas adaptações que permitem o treinamento de pessoas com deficiência nos remoergômetros. A Concept2® possui alguns acessórios que podem ser adaptados em seus modelos de equipamentos. Destaca-se aqui o assento de exercício funcional integrado, Fig. (6-a), que substitui o assento convencional, o assento é fabricado pela Paddlesport Training Systems®. Tal acessório pode ser deslizante ou fixo, possui inclinação ajustável e possui banco acolchoado com cinto ajustável para garantir estabilidade e segurança do tronco. Outros mecanismos parecidos são o Adapt2Row®, Fig. (6-b), e o Adapted Rowing Machine (AROW), Fig. (6-c), que permitem o acoplamento da própria cadeira de rodas ao equipamento, o segundo possuindo um estabilizador de tronco.



Figura 6. a) Assento funcional adaptado, Paddlesport Training Systems®; b) Adapt2Row®, Adapt2Row®; c) Adapted Rowing Machine, BCIT REDLab.

Algumas desvantagens presentes nos mecanismos comerciais estão relacionadas à dificuldade do treino de potência, em velocidades mais elevadas, às divergências com o gesto motor real em situação de competição e aos custos elevados, por serem equipamentos importados, além da necessidade de comprar separadamente os kits de adaptação para paratletas.

O mecanismo de geração de resistência ao movimento, Fig. (7), desenvolvido no LPM (Laboratório de Projetos Mecânicos) e CINTESP.Br proposto por (SOUZA *et al.*, 2016), utiliza como princípio de funcionamento a modulação do torque resistivo compensando efeitos adversos como inércia e atrito no equipamento.

Esse sistema oferece baixa inércia, devido à sua baixa massa, e impõe resistência variável sem a utilização de cabos, polias, pesos ou correntes. Permitindo assim, o treinamento em velocidades elevadas, caso necessário. O sistema considera ainda os perfis cinemáticos (velocidade e aceleração) do movimento a ser treinado em seu projeto. Consequentemente, tal mecanismo segue, de maneira fiel, o princípio da especificidade; fato que não é totalmente seguido nos mecanismos apresentados anteriormente. Outra vantagem é a simplicidade construtiva e segurança, uma vez que o sistema conta com menos elementos móveis e menos susceptíveis a falhas quando comparado aos cabos e polias. (CARDOSO *et al.*, 2020).



Figura 7. Equipamento vibratório de baixa inércia para musculação, Souza *et al* (2016)



5. CONCLUSÃO

Diante das necessidades do treinamento de alto desempenho para atletas do remo paralímpico, entende-se que os equipamentos disponíveis hoje no mercado não atendem aos requisitos específicos do treinamento voltado a esse esporte, tais como a especificidade do exercício, que deve ser realizado em alta intensidade na forma de um treino de potência, em situação semelhante à desempenhada durante as competições e a sobrecarga em velocidade, o que propicia a ativação das fibras rápidas. Portanto há necessidade de se trabalhar em pesquisas voltadas ao desenvolvimento de equipamentos de treinamento para o remo que permitam o desenvolvimento muscular focados no ganho de potência e que atendam os princípios que o esporte demanda. Um exemplo é o projeto de um sistema que se utiliza da tecnologia proposta por (SOUZA, 2016) a qual foi aplicada para membros superiores (flexão do cotovelo) aplicado a esse esporte. É importante pensar também em equipamentos totalmente ajustáveis à realidade de cada atleta, sem ter que depender de adaptações posteriores.

6. REFERÊNCIAS

- ADAPT2ROW. Disponível em: <www.adapt2row.com>. Acesso em: 09 jan. 2022.
- BCIT REDLAB. Disponível em: <<https://adaptederg.commons.bcit.ca/>>. Acesso em: 09 jan. 2022.
- CAMPOS, M. D. A. **Biomecânica da musculação**. Rio de Janeiro, 2000.
- CARDOSO, et al. **Impactos e desafios do fortalecimento muscular e exercício físico na vida dos lesados medulares – uma revisão bibliográfica**. Ponta Grossa, 2020.
- CARDOSO, T.G. **Desenvolvimento de um equipamento de musculação para membros superiores de cadeirantes**, 2018, 182 f.
- COMITÊ PARALÍMPICO BRASILEIRO – CPB Disponível em: <<https://www.cpb.org.br/>>. Acesso em: 20 jan. 2022.
- CONSELHO FEDERAL DE EDUCAÇÃO FÍSICA - CONFEF. Disponível em: <https://www.confef.org.br/revistasWeb/n27/16_REMO_ADAPTAVEL.pdf>. Acesso em: 01 jan. 2022.
- DA SILVA, F.B.M., DE BRITO, J.P.R.G.M., GOMES, A.C. **Olympic rowing: Model of competitive activity of international level elite female athletes**. Revista Brasileira de Medicina do Esporte – Vol. 26, no 2, p. 162, 2020.
- FLECK, S. J.; KRAEMER, W.J. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2017.
- INSTITUTO DE PESQUISA INTELIGÊNCIA ESPORTIVA - IPIE. Disponível em: <http://www.inteligenciaesportiva.ufpr.br/site_api/arquivos/remo-adaptado.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2021.
- NEAL, M.T.; LYONS, M.K.; GOETZINGER S.F.; DAVILA V.J. **Ergometer rowing to mitigate spinal pain in neurosurgeons**. Interdisciplinary Neurosurgery: Advanced Techniques and Case Management, 2021.
- NUNES, M.O. **Simulador Biomecânico De Remo: Modelagem Dinâmica e Cinemática Da Remada**. Rio de Janeiro, 2012.
- REMO BRASIL. Disponível em: <<http://www.remobrasil.com/calendario/venue/29?layout=gmap&tmpl=component>>. Acesso em: 21 jan. 2022.
- SOUZA, M.P. DE. **VLIS: Equipamento vibracional de baixa inércia para musculação**. Uberlândia, 2016.
- SIQUIEROLI, W. A. **Desenvolvimento de um sistema de geração de resistência para aparelhos de musculação e fisioterapia**. Uberlândia, 2007.
- TOORX. Disponível em: <<http://en.toorx.it/home-fitness/rowers/rower-master/>>. Acesso em: 09 jan. 2022
- WARMENHOVEN, J.; COBLEY, S.; DRAPER, C.; SMITH, R. **Over 50 years of researching force profiles in rowing: what do we know?** Sports Med. 2018.

7. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à organização do ENEBI 2022 pela oportunidade de participar do evento, agradecemos também à Universidade Federal de Uberlândia, em especial ao programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica e à CAPES pelo fomento à pesquisa.

8. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

O(s) autor(es) é (são) os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.