DISPOSITIVO DE MONITORAMENTO CARDÍACO COM CLASSIFICAÇÃO DE INTENSIDADE

CARDIAC MONITORING DEVICE WITH INTENSITY CLASSIFICATION

Caique Caruso Toscani da Costa, Carlos Eduardo Peixoto da Silva, Gabriel Kevin Souza Cruz, Walter Antonio Müzel Gonçalves Neto, Raquel Galhardo de Carvalho Lopes Araújo, Luís Fernando Pompeo Ferrara e Kelly Cristina Abou Arabi de Mendonça

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia, Curso de Engenharia da Computação
E-mail para contato: cc243667@alunos.unisanta.br
cs240828@alunos.unisanta.br, gc241898@alunos.unisanta.br ,
wn240975@alunos.unisanta.br

RESUMO – Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um dispositivo e um aplicativo móvel voltados para o monitoramento de frequência cardíaca e classificação de zonas de intensidade durante a prática esportiva. A pesquisa parte da análise de métodos, como de Karvonen, o método TRIMP (Training Impulse) e as A-Zonas, destacando suas aplicações e limitações no acompanhamento de atletas. O aplicativo associado permite selecionar modalidades esportivas, visualizar dados em tempo real e exportar relatórios em PDF. Para analisar o sistema foi utilizado um Smartwatch em teste de esteira por 30 minutos, revelando informações importantes sobre o sistema.

Palavras-chave: Esportes; Aplicativo Móvel; Monitoramento Cardíaco; Zonas de Intensidade; Tecnologia Vestível.

ABSTRACT – This work presents the development of a device and a mobile application aimed at monitoring heart rate and classifying intensity zones during sports practice. The research is based on the analysis of methods such as the Karvonen, the TRIMP (Training Impulse) method, and A-Zones, highlighting their applications and limitations in athlete monitoring. The associated application allows selecting sports modalities, viewing real-time data, and exporting reports in PDF format. To analyze the system, a smartwatch was used in a 30-minute treadmill test, revealing important information about the system.

Keywords: Sports; Mobile Application; Cardiac Monitoring; Intensity Zones; Wearable Technology.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a tecnologia vem se tornando cada vez mais presente na vida cotidiana, como exemplo a atividade física. Sendo um facilitador na vida de muitos atletas, os relógios inteligentes vêm sendo muito utilizados para auxiliar na prática de vários esportes (CARDOSO, 2022).

Dos diversos esportes praticados na atualidade, todos têm uma diferença de intensidade, mecânica do movimento, objetivos e de local onde se pratica. Todas essas diferenças fazem que o treinamento para cada esporte seja de uma maneira diferente, visando o melhor rendimento e o menor risco de lesão, e devido à diferença de fatores e variáveis, cada esporte tem uma nomenclatura diferente para a zona de intensidade.

A faixa de batimento cardíaco, ou zonas de intensidade, se dá com cálculo da fórmula de Karvonen, que calcula a intensidade da frequência cardíaca em porcentagem com base FCM (Frequência Cardíaca Máxima) e FCR (Frequência Cardíaca em Repouso), e mesmo os resultados dos cálculos podendo ser os mesmos, em diferentes esportes categorizam as zonas em diferentes intervalos (CAMARDA, 2008).

Além da classificação por zonas, uma métrica importante para mensurar a carga interna de treinamento é o TRIMP (Training Impulse), desenvolvido por Bannister. Essa metodologia combina a duração do exercício com a intensidade, utilizando a frequência cardíaca, e percepção de esforço como base para calcular o impacto fisiológico da sessão de treino no organismo. O TRIMP permite quantificar e comparar o esforço de diferentes sessões de treino, sendo útil tanto para atletas amadores quanto profissionais no controle da carga e recuperação (SOUZA, 2011).

Nesse contexto, surgem também as A-Zonas, que representam uma classificação padronizada de intensidade baseada na frequência cardíaca e no consumo de oxigênio (VO_2). As zonas A são normalmente divididas em:

- A1 (Zona Leve): utilizada para atividades regenerativas e de baixa intensidade, com baixo impacto cardiovascular;
- A2 (Zona Moderada): indicada para o desenvolvimento da base aeróbica;
- A3 (Zona Intensa): voltada para o aumento do limiar anaeróbico e desempenho máximo.

Cada uma dessas zonas apresenta implicações fisiológicas distintas e é empregada de acordo com o objetivo do treinamento (ADDE, 2023). Com o avanço dos dispositivos vestíveis, como os relógios inteligentes, é possível monitorar em tempo real em qual zona

de intensidade o atleta se encontra, otimizando os treinos de forma individualizada e segura

Devido à grande gama de esportes existentes, muitos dispositivos que calculam a faixa de batimento cardíaco fazem um cálculo genérico, categorizando as zonas em intervalos pré-definidos. Tal maneira não é o indicado a ser feito, pois pode ter uma grande margem de erro dependendo do esporte praticado. Para um melhor aproveitamento do treino deve-se ter dados corretos do atleta para que seu treinador possa montar um treino correto e específico para o atleta observado.

Sem o estudo correto das faixas de batimento cardíaco, alguns atletas não possuem percepção do esforço realizado, podendo se comprometer, diminuindo a eficiência do seu treino, que até mesmo pode ter sido montado de maneira errônea pelo treinador devida margem de erro na medição das zonas, ou até mesmo tendo lesões musculares durante o treino (PIRES, 2020).

Um exemplo de como a falta de percepção faz diferença, em um estudo realizado pelo (LOPES, 2022) que avalia a influência desse tipo de tecnologia especificamente em corredores de rua amadores, por meio da comparação do resultado dos testes de desempenho em uma corrida. Sendo um sem e outro com o aparelho de análise, e comparando os resultados obteve-se que o segundo teste (com aparelho) em relação ao primeiro (sem o aparelho), teve-se um desempenho melhor na maior parte dos resultados. Demonstrando que se atleta e treinador tiveram acesso durante e depois da prática, favorece um desempenho melhor na maioria dos casos, por estimular o atleta a se superar, e ao treinador realizar ajustes precisos no treino.

Embora tenha vários benefícios na utilização dessa tecnologia, existem vários pontos a serem analisados, por exemplo:

- O alto custo para aquisição desse tipo de tecnologia, pode enfatizar utilização apenas por atletas desportivos de elite e profissionais, excluindo os amadores e os de baixa renda.
- A falta de conhecimento para interpretar os dados obtidos, embora os dados possam fornecer informações para que o atleta tenha noção do esforço realizado como citado anteriormente, é necessário um acompanhamento de profissional da área para ter o total aproveitamento dos dados.
- A falta de publicidade sobre o assunto, e a resistência na utilização desse tipo de equipamento, tal situação é decorrente por conta de barreiras como a capacitação

de profissionais e receio de atletas e técnicos tradicionais de dependerem totalmente da tecnologia para progredirem.

- As questões legais como patentes e os dados coletados, são um assunto ainda a ser debatidos sobre quem que detém os direitos sobre os dados biométricos e outros coletados, e as patentes sobre essas tecnologias que se concentram principalmente em países desenvolvidos, dificilmente em países emergentes (SGORLON et al., 2020).

Levando em base o que foi citado, para o desenvolvimento dessas tecnologias se deve se tomar cuidado para não ultrapassar o limite onde o esporte é a busca da superação dos limites, e não apenas uma corrida de evolução tecnológica, como já aconteceu na natação em 2009, onde a tecnologia dos trajes de competição causava desigualdade entre os competidores. Tal situação levou ao banimento dos trajes feitos com o poliuretano, que proporcionam vantagem artificial para o atleta (LAJOLO, 2009).

Com objetivo de integrar atleta e treinador, para que se tenha uma análise assertiva sobre desempenho, propõe-se a criação de um sistema onde o dispositivo poderá coletar e monitorar os batimentos cardíacos por minuto, e outros dados, onde o sistema armazenará os dados e classificará de acordo com a nomenclatura das faixas de intensidade em que o usuário e o treinador escolherem. Por meio desta análise e coleta de dados objetiva-se auxiliar o treinador a ajustar o treino e ao atleta por meio do feedback em tempo real a percepção de esforço durante a atividade. Dessa forma promovendo um aumento na performance do atleta, evitando lesões e fadiga.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Um aparelho semelhante a um relógio de pulso projetado para medir frequência cardíaca e se conectar com um dispositivo móvel através de Bluetooth para realizar o envio dos dados coletados.

Consiste em um módulo de sensor infravermelho que se comunica com uma placa lógica que é responsável por interpretar os dados recebidos do sensor e enviá-los para um dispositivo móvel através por BLE (Bluetooth Low Energy). Os componentes são alimentados por uma bateria recarregável tipo LiPo e todos são montados em um encapsulamento de ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno) impresso em 3D.

O meio de comunicação Bluetooth Low Energy foi escolhido devido seu baixo consumo de energia e sua compatibilidade com dispositivos que utilizam o sistema

operacional Android e IOS. Este tipo de Bluetooth é suportado pela placa lógica ESP32-C3, que foi programada na linguagem C++ através do compilador de códigos Arduino IDE.

Seu encapsulamento foi projetado nas devidas medidas para comportar os componentes internos e ao mesmo tempo ter a menor medida externa possível. Foi projetado utilizando a ferramenta de modelagem 3D Fusion 360 e impresso em 3D utilizando filamento PLA (Ácido Polilático). Conta com duas alças de suporte para fixação de uma pulseira.

O conjunto inteiro utiliza cerca de 100 mA quando em funcionamento e 10 mA quando no modo *deep sleep*, que é um estado de baixo consumo de energia do ESP32 onde sua unidade de processamento principal é desativada, permanecendo ligadas somente o coprocessador. Sendo ativado através de uma mensagem enviada por Bluetooth, o modo *deep sleep* aumenta a vida útil da bateria. Com a bateria de 600mAh, o aparelho tem capacidade para seis horas de uso contínuo. O carregamento da bateria é feito através da porta USB-C do módulo TP4056 que é responsável por impedir o carregamento e descarregamento excessivo da bateria. Este possui dois LEDs que indicam o estado do carregamento.

A conexão dos componentes internos é feita através de fios de cobre AWG 10 que são soldados nos terminais do sensor MAX30102, da placa ESP32, e do módulo TP4056. A fixação dos componentes internos é feita através da fricção com encapsulamento (que foi projetado para “agarrar” os componentes internos) e através de fita dupla face.

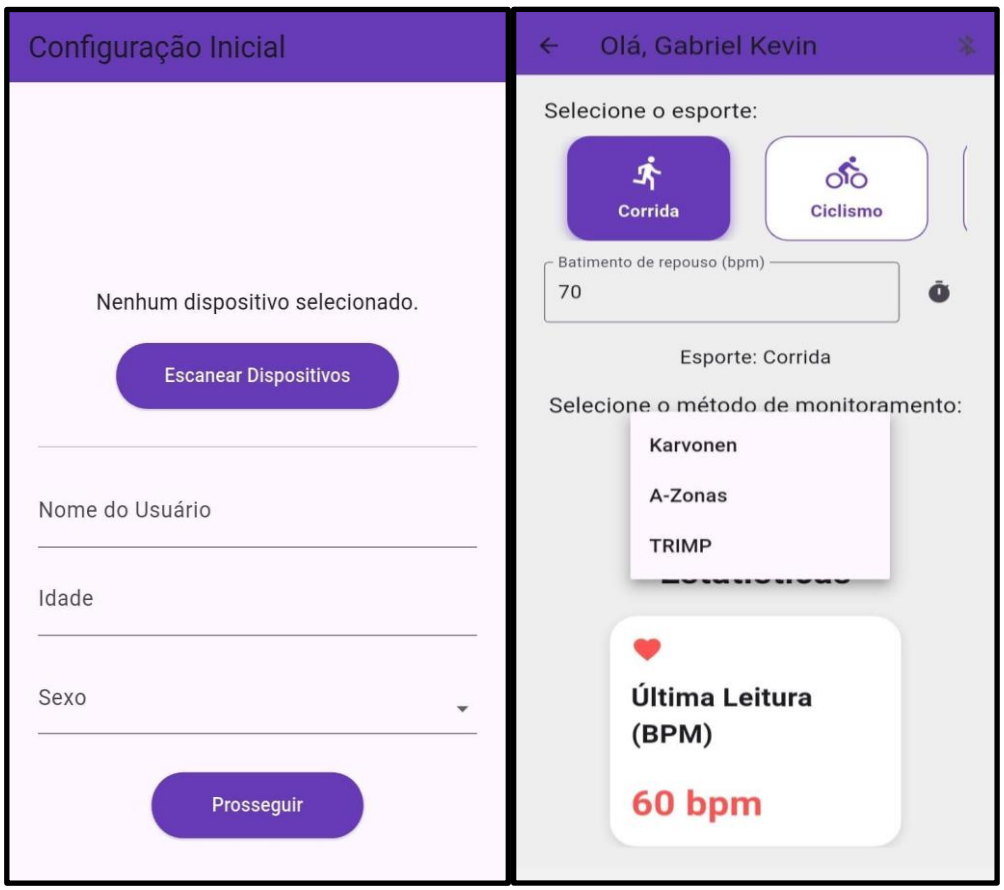
O aplicativo móvel foi desenvolvido no programa Android Studio, utilizando o Framework Flutter (versão 85.2.3) e Flutter SDK (versão 3.29.3), uma ferramenta que facilita a criação de aplicação mobile, que utiliza como linguagem de programação Dart (versão 243.26753.1) e Dart SDK (versão 3.7.2) e utilização do emulador de celular Android 16.0 ("Baklava") x86_64 (Android Studio) para testar o aplicativo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para testar o dispositivo e aplicativo criado, foi utilizado um Smartwatch da marca Samsung, para comparar as funcionalidades de medição do BPM e classificação das zonas de intensidade, e realizado um teste em uma esteira onde o sistema criado iria coletar as informações ao mesmo tempo que o Smartwatch Samsung Galaxy Watch 3, durante a prática do exercício por um período de 30 minutos.

Figura 1:(a) Área de login do aplicativo; (b) Tela do usuário.

(a) (b)



Na figura 1a mostra a tela de início do aplicativo que antes de iniciar a sessão de treinamento, o usuário coloca suas informações como Nome, Idade e Sexo, além de conectar com o dispositivo que faz a medição. Após preencher as informações e clicar em prosseguir passa-se para a tela que escolhe o esporte que irá se praticado, figura 1b, com três opções de modalidades: Corrida, Ciclismo ou Musculação.

Após a escolha da modalidade, o usuário também possui três métodos de monitoramento a ser selecionado: Karvonen, A-zonas ou TRIMP. E, na sequência, a exibição do monitoramento dos batimentos cardíacos em tempo real.

Ainda na figura 1b, ao deslizar o dedo baixo para cima, o usuário encontrará as seguintes informações disponíveis: faixa de intensidade, um gráfico com os últimos 30 segundos de BPM registrados, e um menu onde pode iniciar, parar, resetar e desligar o dispositivo, e por fim, exportar um arquivo no formato PDF com as informações coletadas durante o treino.

Figura 2: (a) Protótipo do projeto e (b) Galaxy Watch 3.

(a) *(b)*



Para realizar as medições foram utilizados os aparelhos demonstrados na figura 2. Na figura 2a, o dispositivo criado que tem um sensor de batimento cardíaco, uma bateria e um sistema microcontrolado e na figura 2b, o Galaxy Watch 3, que possui sensor de batimento cardíaco, VO2, e entre outros componentes utilizados para coletar dados do usuário.

Figura 3: (a) Relatório do método Karvonen e (b) Relatório do método A-zonas.

(a) *(b)*

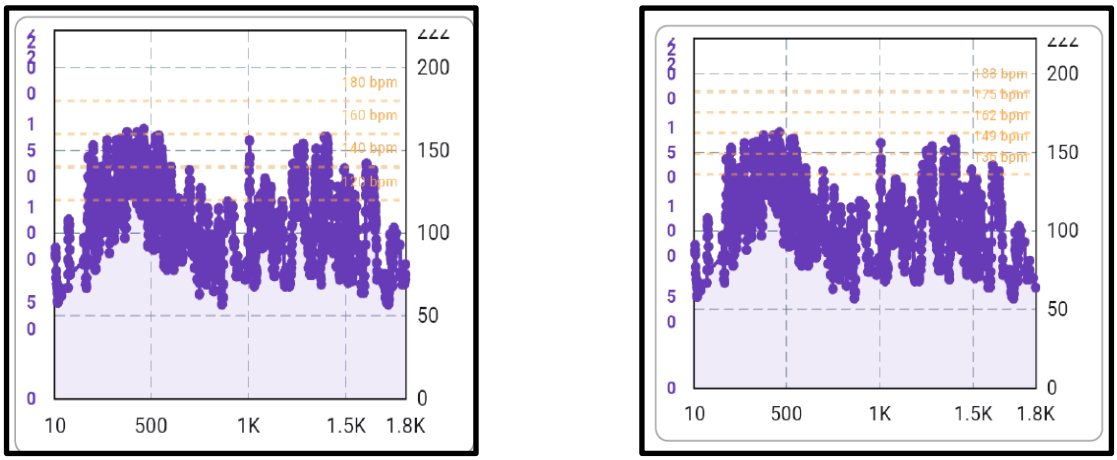
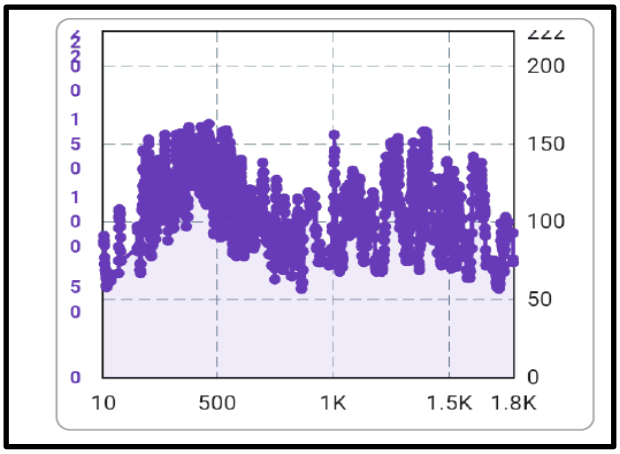


Figura 4: (a) Informações do usuário e (b) Relatório do método TRIMP.

(a)

Esporte: Corrida
Método: TRIMP
Duração: 29 minutos
Sexo: Masculino
FC Repouso: 70 bpm
FC Média: 110.7 bpm
FC Máxima: 202.0 bpm
TRIMP: 2.90

(b)



Após a realização do teste, foi gerado um gráfico de performance utilizando o Galaxy Watch 3 demonstrado na figura 5 e pelo dispositivo criado as figuras 3a, 3b, 4a, e 4b em qual todos apresentam os gráficos em que o eixo X representa os segundos e o Y o BPM, e outras informações como Fc de repouso, médio, e máximo, o esporte, sexo e método selecionado, que pode ser visto na figura 4a acima no lado esquerdo, a figura 3b é parte do relatório do método A-zonas, cujo gráfico apresenta as linhas das zonas e BPM limite entre uma zona e outra, o 3a é do método Karvonen, qual também tem as linhas das zonas e os BPM limites, e por completar tem a figura 4a e 4b do relatório do método TRIMP, que embora não tenha zonas, calcula a quantidade de TRIMP gerado na sessão.

Figura 5: Gráfico de performance gerado pelo aplicativo Samsung Health.



A figura 5 como citado anteriormente foi gerado pelo Smartwatch. Em qual podemos observar que na parte de baixo do gráfico está a duração de tempo do exercício, do lado direito tem os BPM, e a esquerda a velocidade em Km/h. Além dessas informações temos abaixo do gráfico o tempo total da atividade, o BPM médio e o máximo.

4 CONCLUSÃO

Após a análise dos resultados coletados, pode-se concluir que objetivo foi alcançado, porém com algumas observações a serem citadas. Como a do BPM médio ter dado uma grande diferença, enquanto a do protótipo deu por volta de 110 BPM, o Galaxy Watch 3 marcou em 159 BPM, essa diferença se dá por conta do sensor do Smartwatch ser muito mais sofisticado e conseguir manter uma estabilidade em movimento e outros fatores. Outro caso, é a medição das zonas, o dispositivo criado consegue medir em três métodos diferentes, já o Galaxy Watch 3 mede em apenas um, em que a frequência cardíaca máxima é estimada com base nos dados coletados do usuário, e vai calculando as porções deste valor e definindo as zonas. Conforme com que foi coletado e analisado neste artigo, pode-se inferir que o protótipo precisa de modificações e melhorias, entre quais podemos citar, a troca do sensor por um mais sofisticado, com sistema de coleta eficiente, que deixe a coleta de dados estáveis, a adição de outros métodos e esportes diferentes, construção de um circuito e encapsulamento menor, além de tornar ambos à prova d'água, melhorias na interface de usuário como torná-la acessível a pessoas com deficiência e gráficos com melhor visibilidade para os profissionais conseguirem analisar de forma eficiente, e entre outras melhorias.

5 REFERÊNCIAS

BARTH FILHO, J. C.; SCHATTENBERG, L. D.; STOLLMEIER, N. Tecnologias esportivas auxiliando no esporte. REAVI, dez. 2013. Disponível em: https://www.revistas.udesc.br/index.php/reavi/article/view/3776/2915. Acesso em: 16 mar. 2025.

CAMARDA, S. R. A. Comparação da frequência cardíaca máxima medida com as fórmulas de predição propostas por Karvonen e Tanaka. Arquivos Brasileiros de Cardiologia, nov. 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/j/abc/a/3SG3HkTkTZmg6NtrDfXmZYq/. Acesso em: 11 mar. 2025.

CARDOSO, L. S. O monitoramento da atividade física por meio da tecnologia de biofeedback dos relógios inteligentes [Internet]. Belém: Universidade Federal do Pará, 2022. Disponível em: https://www.bdm.ufpa.br/bitstream/prefix/5006/1/TCC_MonitoramentoAtividadeFísica.pdf. Acesso em: 11 mar. 2025.

LAJOLO, M. Supermaiôs serão proibidos pela Fina em 2010. Folha de S.Paulo [Internet], 25 jul. 2009. Esporte. Disponível em: https://www1.folha.uol.com.br/fsp/esporte/fk2507200928.htm. Acesso em: 16 mar. 2025.

FELIPE, L. F.; SOUSA, R. R. Inovações tecnológicas no esporte: impactos na análise de dados, performance, questões jurídicas e econômicas. Recima21, 24 out. 2024. Disponível em: https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/5838/3995. Acesso em: 16 mar. 2025.

LOPES, A. A.; LOPES, R. A. Influência da tecnologia de monitoramento no desempenho de atletas amadores de corrida de rua [Internet]. Maceió: Universidade Federal de Alagoas, 2022. Disponível em: https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/123456789/12102/1/Influ%C3%AAncia%20da%20tecnologia%20de%20monitoramento%20no%20desempenho%20de%20atletas%20amadores%20de%20corrida%20de%20rua.pdf. Acesso em: 11 mar. 2025.

PIRES, V. P.; FERNANDES, A.; LEITHARDT, V. A importância do desenvolvimento de aplicativos para monitorização do treino de alta competição. Brazilian Journal of Development, 9 maio 2020. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/9786/820. Acesso em: 11 mar. 2025.

SGORLON, M. A. A influência do monitoramento tecnológico na performance de atletas [Internet]. Campo Grande: Universidade Católica Dom Bosco, 2020. Disponível em: https://pergamum.ucdb.br/pergamumweb/vinculos/000003/00000367.pdf. Acesso em: 16 mar. 2025.

MILANEZ, VINICIUS; PEDRO RAFAEL. APLICAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO DE CARGAS DURANTE UMA SESSÃO DE TREINAMENTO DE KARATE. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbme/a/kd8RLyCwnm3KNM5SbnTdg4B/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 5 ago. 2025.

SOUZA, ALEXANDRE. O método básico TRIMP. Disponível em: https://atrasdaredonda.blogspot.com/2011/08/o-metodo-basico-trimp.html. Acesso em: 5 ago. 2025.

TRAINING IMPULSE. Corrimãos TRIMP. Disponível em: https://www.trainingimpulse.com/banisters-trimp-0. Acesso em: 5 ago. 2025.

GONÇALVES, Aloha Spirit Mídia. Zonas de treino: quais são e como elas ajudam a melhorar sua performance na natação? Aloha Spirit Mídia, 15 ago. 2023. Disponível em:

https://alohaspiritmidia.com.br/natacao-aguas-abertas/zonas-de-treino-quais-sao-e-como-elas-ajudam-a-melhorar-sua-performance-na-natacao/. Acesso em: 5 ago. 2025. Aloha Spirit Mídia

RAIA OITO. O que são treinos A1, A2 e A3e como calculá-lo. Raia Oito, 202? Disponível em: https://raiaoito.com.br/treinos-natacao-a1-a2-a3/. Acesso em: 5 ago. 2025. raiaoito.com.br