

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO**

LAURA UEHARA

**EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA  
(ETCC) SOBRE A FADIGA MUSCULAR EM CORREDORES AMADORES -  
ESTUDO CLÍNICO, *CROSSOVER*, CONTROLADO POR *SHAM*, TRIPLO-CEGO**

SÃO PAULO,SP

2021

LAURA UEHARA

**EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA  
(ETCC) SOBRE A FADIGA MUSCULAR EM CORREDORES AMADORES -  
ESTUDO CLÍNICO, *CROSSOVER*, CONTROLADO POR *SHAM*, TRIPLO-CEGO**

Dissertação apresentada à Universidade Nove de Julho  
para obtenção do título de Mestre em Ciências da  
Reabilitação.

**Orientador:** Prof. Dr. João Carlos Ferrari Corrêa

**Co-Orientadora:** Profa. Dra. Fernanda Ishida Corrêa

SÃO PAULO, SP

Uehara, Laura Yukiko.

Efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) sobre a fadiga muscular em corredores amadores - estudo clínico, *crossover*, controlado por *sham*, triplo-cego. / Laura Yukiko Uehara. 2021.

108 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2021.

Orientador (a): Prof. Dr. João Carlos Ferrari Corrêa.

1. Corredor. 2. Fadiga. 3. Estimulação transcraniana por corrente contínua. 4. Desempenho atlético.

I. Corrêa, João Carlos Ferrari. II. Título.

CDU 615.8

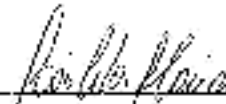
São Paulo, 25 de fevereiro de 2021.

**TERMO DE APROVAÇÃO**

Aluno(a): LAURA YUKIKO UEHARA

Título da Dissertação: "Efeitos da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC) Sobre a Fadiga Muscular em Corredores Amadores"

Presidente: PROF. DR. JOÃO CARLOS FERRARI CORRÊA



Membro: PROF. DR. FABIANO POLITTI



Membro: PROF. DR. ALEXANDRE HIDEKI OKANO



## AGRADECIMENTOS

Eu gostaria de agradecer inicialmente a Deus, pois minha vida sem a Sua presença seria impossível.

Não estaria aqui também sem a minha base, pessoas que são extremamente importantes para mim, meus pais e minha irmã, Luiz, Wilma e Cristiana. Pessoas que fazem parte de mim e que construíram meu caráter ao longo da vida e quem sem eles, não seria nada.

Ao meu companheiro de jornada, Caio Falcão, que esteve ao meu lado e me incentivou iniciar o mestrado sem pestanejar e esteve ao meu lado em todos os momentos dessa etapa de minha vida.

Agradeço minha orientadora prof. Dra Fernanda Ishida, que me acolheu de uma forma tão carinhosa, mas que sempre soube os momentos de cobrar e orientar, sem ela não teria conseguido iniciar essa jornada. Agradeço ainda o prof. Dr. João Ferrari Corrêa, que mesmo dos bastidores esteve presente no meu estudo, me orientando e permitindo o meu aprimoramento profissional.

Agradeço também a todos os profissionais da Universidade Federal do ABC que me ajudaram muito para o desenvolvimento desse trabalho, são eles: Abrahão Baptista, Rafael Moreira, Daniel Boari e Lucas Santana.

Não poderia deixar de agradecer meus companheiros de laboratório, em especial minhas queridas amigas Michele Andrade e Solange Zilli Lo Presti Heinz, estas viveram momentos alegres e de sofrimento ao meu lado, sempre nos incentivando mutuamente.

Meus agradecimentos também vão a todos os voluntários que participaram desse estudo e estavam dispostos a dispor de seu tempo para estudarmos a modalidade da corrida. Além disso, agradeço aos meus alunos de Iniciação Científica que me ajudaram bastante no desenvolvimento desse estudo, são eles: Gabriella Valentim, Maria Helena Coura, Renato Garcia e Taiane Santos Lima.

Agradeço a Universidade Nove de Julho pelo programa de bolsa e permitir que muitos profissionais possam se aprimorar. Agradeço ainda a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) que apoiou esse estudo.

Obrigada, meus queridos por me ajudarem de forma direta ou indireta nessa fase de minha vida!

## RESUMO

O objetivo desse estudo é avaliar o efeito da ETCC sobre a fadiga aplicada antes de um protocolo de fadiga do músculo quadríceps femoral de corredores recreacionais. **Método:** 26 corredores recreacionais,  $38,19 \pm 6,53$  anos, randomizados para receber ETCC anodal(a) ou sham(s) pré protocolo de fadiga no primeiro dia de intervenção. O segundo dia a estimulação ETCC foi oposta ao primeiro dia. A ETCC foi aplicada por 20 minutos, intensidade de 2mA, eletrodos anodo sobre o hotspot de quadríceps femoral no córtex motor e cátodo posicionado na região supraorbital contralateral ao anodo. Foi realizado protocolo de fadiga do músculo quadríceps com dinamômetro isocinético. A fadiga foi avaliada pelo pico de torque (N.m), resistência à fadiga, excitabilidade cortical (potencial evocado motor-PEM), nível de lactato (mmol/l) e Percepção Subjetiva de Esforço (PSE). **Resultados:** Pico de torque houve diminuição do pré ao pós intervenção em ambos grupos, porém não demonstrou interação significativa entre os grupos para a variável pico de torque ( $F=0.60$ ,  $p < 0.44$ ;  $\eta_p^2=0.18$ ), resistência à fadiga não apresentou diferença significativa entre grupos ( $p=0,97$ ), com ETCCanodal houve aumento do lactato durante o protocolo de fadiga (ETCCanodal  $4,54(2,64-15,63)$  vs. ETCCsham  $3,91(0,84-12,66)$ mmol/l;  $p=0,049$ ), PEM diminuiu em ambos grupos (ETCCanodal pré  $246,52(0-613,75)$ mV e pós  $94,12[0-948,28]$ mV), (ETCCsham pré  $253,33[0-736,25]$ mV e pós  $94[0-563,63]$ mV), sem apresentar diferença significativa entre grupos,  $p=0,71$ ) e PSE não apresentou diferença significativa entre grupos (anodal( $8[4-10]$ ) e Sham ( $7,5[4-10]$ ),  $p=0,56$ ) **Conclusão:** Foi observado que uma sessão de ETCC aplicada sobre a área motora cortical pré protocolo de fadiga do músculo quadríceps não foi observado resultados significativos nas variáveis avaliadas em corredores amadores.

**Palavras-Chave:** Corredor. Fadiga. Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua. Desempenho Atlético.

## ABSTRACT:

The goal of this study is evaluate effects from tDCS in the fatigue applied before a quadriceps muscle fatigue protocol in recreational runners. **Method:** Twenty six recreational runners participated in this study, they were randomized to receive tDCS anodal(a) or sham(s) before fatigue protocol. Time of application 20 minutes, 2mA intensity, anode in the quadriceps femoral hotspot and cathode in the contralateral supraorbital area. Fatigue protocol in the quadriceps femoral has been done in the isokinetic dinamometer. The fatigue was evaluated by peak torque (N.m), fatigue resistance, cortical excitability (motor evocated potencial – MEP), lactate (mmol/l) and rate of perceived exertion (RPE). **Results:** Peak torque reduced from pre to pos intervention but there was not results intergroups in the peak torque ( $F=0.60$ ,  $p < 0.44$ ;  $\eta_p^2=0.18$ ), fatigue resistance there was no difference between groups ( $p=0,97$ ), lactate during fatigue protocol increased in the tDCSa (tDCSa 4,54(2,64–15,63) vs. tDCSs 3,91 (0,84–12,66)mmol/l;  $p=0,049$ ), MEP reduced in both groups (tDCSa 246,52(0–613,75)mV vs 94,12[0–948,28]mV), (tDCSs 253,33[0–736,25]mV vs 94[0–563,63]mV), with no difference between groups ( $p=0,71$ ) and RPE there was no difference between groups (tDCSa(8[4–10]) e tDCSs (7,5[4–10],  $p=0,56$ ) **Conclusion:** It was observed that tDCSa single session in the cortical area before a fatigue protocol in the quadriceps femoral induced in lactate during fatigue protocol, but did not generate effects in peak torque, MEP, fatigue resistance and RPE.

**Key-words:** Running. Fatigue. Transcranial Direct Current Stimulation. Performance.



## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS E QUADROS .....	7
LISTA DE FIGURAS .....	8
LISTA DE ABREVIATURAS .....	9
<b>1. CONTEXTUALIZAÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>1.1 Atleta corredor</b> .....	<b>10</b>
1.2. Fadiga muscular .....	11
1.3 Avaliação fadiga muscular .....	13
<b>1.4 Prevenção da fadiga muscular</b> .....	<b>14</b>
<b>1.5 Estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC)</b> .....	<b>15</b>
<b>1.5.1 Conceito</b> .....	<b>15</b>
1.5.4 ETCC no desempenho atlético e fadiga.....	16
<b>2. OBJETIVO</b> .....	<b>19</b>
2.1 <b>Objetivo geral</b> .....	<b>19</b>
2.2 Objetivo Específico .....	19
3.1. Desenho do estudo .....	20
3.2 Local de estudo .....	20
3.3 Aspectos Éticos .....	21
3.4. Sujeitos.....	21
3.4.1 Critérios de elegibilidade .....	21
Critérios de não inclusão .....	21
<b>3.4.2 Aleatorização</b> .....	<b>23</b>
<b>3.4.3 Cegamento</b> .....	<b>23</b>
<b>3.5 Intervenção:</b> .....	<b>24</b>
<b>3.5.1 ETCC anodal</b> .....	<b>24</b>
3.5.2 ETCC sham .....	24
<b>3.6 Procedimentos de avaliação</b> .....	<b>25</b>
<b>3.6.1 Avaliação de aptidão cardiorrespiratória</b> .....	<b>25</b>
<b>3.6.2. Avaliação do pico de torque</b> .....	<b>26</b>
3.6.3 Avaliação resistência à fadiga muscular .....	27
<b>3.6.4 Avaliação de lactato</b>	
<b>3.6.5 Avaliação de Percepção Subjetiva de Esforço</b> .....	<b>28</b>
<b>3.6.6 Medidas de excitabilidade cortical</b> .....	<b>28</b>
3.6.7 Avaliação de fatores confundidores .....	29

3.6.8 Aferição de potenciais efeitos adversos .....	30
4. ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	31
5. RESULTADOS .....	50
6. DISCUSSÃO.....	36
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	40
8. REFERÊNCIAS .....	41
9. APÊNDICES .....	49
10. ANEXOS.....	95

## **LISTA DE TABELAS E QUADROS**

**Tabela 1.** Características descritivas dos indivíduos 37

**Tabela 2.** Análise do lactato 40

## **LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b> Linha do tempo	21
<b>Figura 2.</b> Fluxograma do estudo	23
<b>Figura 3.</b> Dinamômetro isocinético	28
<b>Figura 4.</b> Potencial Evocado motor	30
<b>Figura 5.</b> Pico de torque dos grupos ETCC anodal e sham	34
<b>Figura 6.</b> Resistência à fadiga após ETCC anodal e sham	35
<b>Figura 5.</b> Potencial evocado motor de grupos ETCC anodal e sham	36

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ATP – trifosfato adenosina

CI – Córtex Insular

CVM – Contração voluntária Máxima

EC – Economia de corrida

EMG – Eletromiografia

ETCC – Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua

EMT - Estimulação Magnética Transcraniana

FC – Frequência Cardíaca

FCr – Frequência Cardíaca de repouso

Hz - hertz

IMC – Índice de Massa Corpórea

Kg- Quilograma

Km- Quilômetro

L - litro

LAn – Limiar Anaeróbio

LL – Limiar de lactato

LMR – Limiar motor de repouso

M1 – área do córtex motor

mA- miliampere

min – minuto

mmol - milimol

N – número de indivíduos

NaCl- Cloreto de sódio

NL – Nível do lactato

PEM – Potencial evocado motor

PS – Período silencioso

PSE – Percepção Subjetiva de Esforço

SNA – Sistema Nervoso Autônomo

T - temperatura

T3 – região córtex temporal esquerdo segundo sistema EEG10/20

Tlim – Tempo de Exaustão na  $VO_2$ máx

$VO_2$ máx – Consumo Máximo de Oxigênio

$vVO_2$ máx – Velocidade Associada ao  $VO_2$ máx

$\mu$ l - microlitro

$\mu$ V - microvolt

# 1. CONTEXTUALIZAÇÃO

## 1.1 Atleta corredor

Correr é uma forma de locomoção a qual o ser humano faz sem que ninguém ensine, é um movimento instintivo simples e repetitivo. A diferença básica entre correr e andar é a presença da fase aérea e a ausência da fase de duplo apoio. A velocidade para ser considerada como corrida é cerca de 2,25m/s (8,1km/h) e pode variar de 2,3m/s (8,28km/h) a 3,5m/s (12,6km/h) para corredores recreativos e atletas de elite de 3,2m/s (11,52km/h) a 4,2m/s (15,12km/h) (1).

A corrida, ao longo do tempo, tem se mostrado como uma das práticas esportivas mais comuns entre as pessoas. De acordo com a Federação Paulista de Atletismo (2) houve um aumento na quantidade de provas de corrida de rua. Esse número aumentou proporcionalmente no mundo todo. Uma das razões deste aumento é devido a sua aparente facilidade de execução e pela necessidade de pouco investimento financeiro para sua prática, quando amadora (3).

Outras vantagens são a perda de peso e a consequente melhora da saúde física e mental, pois durante a prática da corrida há diversas adaptações fisiológicas, dentre elas o aumento da capacidade oxidativa enzimática, aumento no número e distribuição de mitocôndrias, maior perfusão dos músculos em atividade e, como consequência, melhora do sistema de transporte de oxigênio, melhora da qualidade óssea por meio da descarga de peso sobre a mesma, melhora da elasticidade do músculo esquelético pela melhora da potência e eficiência da locomoção, melhora do sistema cardiocirculatório e respiratório (1,4).

É uma especialidade esportiva altamente demográfica, pois pode ser ajustada a todos os tipos de corredores, sejam eles homens ou mulheres, iniciantes, amadores ou profissionais, além de sua prática ser possível em diferentes ambientes, tais como ambientes fechados (esteira), abertos como pista e rua, em terrenos irregulares, montanha, praia, subida, descida, locais planos, locais frios, quentes, úmidos, secos, durante a noite ou dia, sendo considerada também como atividade recreativa (1).

Com o crescente número de indivíduos praticantes de corrida, o aumento de lesões na corrida também cresce proporcionalmente. Diversas são as causas de lesão em corrida, como sobrepeso, calçado inadequado, treinamento inadequado, baixa cadência, fraqueza e fadiga muscular (3).

A fadiga durante a corrida altera a cadência, comprimento da passada e cinemática da articulação do membro inferior. A alteração na cinemática resulta em diminuição do desempenho atlético, contribuindo para a incapacidade do corredor em manter a mesma técnica por um longo período, portanto, facilitando a ocorrência de lesões, principalmente em corredores inexperientes (5). De acordo com estudo de Denadai *et al.* (6) existe uma diminuição de força nos músculos extensores de joelho causados pela fadiga muscular, em corridas por tempo prolongado (2 a 8 horas).

## **1.2. Fadiga muscular**

A atividade muscular inicia-se com o controle cortical no cérebro e termina dentro da fibra muscular com a formação de pontes cruzadas para gerar contração, portanto, a fadiga muscular é a falha de qualquer processo envolvido na contração muscular que pode diminuir a força ou potência funcionando como um mecanismo de proteção da fibra muscular esquelética contra efeitos deletérios da atividade física. É um processo multifatorial que envolve ajustes do sistema nervoso central, periférico e muscular (7,8,9,10,11).

A fadiga central está relacionada com a falha progressiva do sistema nervoso no acionamento de motoneurônios e fibras musculares, que controla a força do músculo durante o exercício, levando à diminuição na frequência de disparo do motoneurônio com diminuição da ativação voluntária (7,10,13,14,15). A ativação voluntária na fadiga central diminui produzindo oscilações na força muscular e diminui a taxa de disparos nas unidades motoras (13). Sasada *et al.* (16) relatam que a região responsável pela fadiga central durante testes de esforço máximo incluem vários níveis do sistema nervoso, que incluem o cérebro e medula espinhal, porém as regiões responsáveis pela fadiga central no desempenho atlético são desconhecidas. A fadiga muscular parece ser sinalizada pelo grupo III e IV de neurônios aferentes, os quais respondem aos estímulos químicos e/ou mecânicos como a pressão e alongamento, prostaglandina, ácido láctico, bradicinina, cloreto de potássio (17). Gandevia (13) relata que o treinamento faz com que a fadiga central diminua, pois há aumento neural para os músculos.

Conforme aumenta a duração do exercício, há um aumento do papel dos componentes supraespinhais na fadiga, porém não são obrigatoriamente paralelos a diminuição da excitabilidade cortical motora. Dessa forma, não é possível afirmar que quando há fadiga central haverá fadiga espinhal e supraespinhal (18). A fadiga muscular altera o controle



neuromuscular, nas aferências proprioceptivas enviadas por receptores da periferia para os centros superiores e para as respostas eferentes geradas para manter a estabilidade muscular dinâmica. Há uma alteração da propriocepção, controle postural e coordenação motora e como consequência alteração do movimento, podendo levar às lesões esportivas, portanto, avaliar e prevenir a fadiga torna-se importante (11).

Durante a fadiga central em atividade intensa há um aumento de metabólitos como: potássio, hidrogênio, prostaglandina, bradicinina e fosfato inorgânico. Há uma diminuição de níveis de glicose plasmática, aumento de triptofano plasmático e do 5-hidroxiptofano (5-HT), há ainda alterações na concentração de neurotransmissores e termodinâmicos (10).

Já na fadiga periférica há concentração de potássio extracelular, produção de hidrogênio, acúmulo de fosfato inorgânico e produção de radicais livres. A concentração de potássio intersticial durante a atividade intensa pode aumentar de 5mmol para 13mmol reduzindo a tensão muscular de 60 a 100%. A redução de pH diminui a força muscular e velocidade de contração (17).

Os sinais e sintomas de fadiga são dor, desconforto, tremor e aumento de percepção do esforço, distúrbio da homeostase, tais como aumento da temperatura, diminuição do pH, acúmulo de produtos do metabolismo celular com aumento de concentração de ácido lático e diminuição de captação de cálcio (7,10,13).

Segundo Gandevia (13) e Marcora e Staiano (19) a fadiga está relacionada com a intensidade do exercício, ou seja, se a intensidade for intensa, a fadiga será observada mais rapidamente. Temesi *et al.* (18) afirmam que as alterações corticoespinhais estão relacionadas com a duração do exercício, além de hidratação, privação do sono, dor, glicemia em exercícios prolongados interferindo na excitabilidade cortical quando avaliados com Estimulação Magnética Transcraniana (EMT).

De acordo com Temesi *et al.* (18), a fadiga apresenta correlação significativa com fadiga central e periférica, porém as alterações periféricas se apresentaram fracas em estudo com corredores *ultratrail*.

Conforme Schlickmann & Caputo (17), a fadiga é uma forma de proteção para o organismo, pois previne a queda de trifosfato de adenosina (ATP) que poderia causar dano muscular irreversível ou estado de rigor muscular.

Kellis *et al.* (5) sugerem que o fortalecimento de quadríceps femoral pode ajudar nos aspectos da fadiga em corredores. A melhora da força muscular acarreta melhora da oxigenação da musculatura e acesso a substratos que podem indicar melhora do tempo de exaustão na velocidade da corrida e diminuir a fadiga através da economia do movimento, ou seja, a diminuição de energia consumida para realizar a atividade (20,21). Doma & Deakin (22) observaram que o fortalecimento de grandes grupos musculares parece ser mais efetivo quando comparados à musculatura de grupos musculares pequenos para o desempenho atlético submáximo para *endurance* na corrida.

### 1.3 Avaliação fadiga muscular

Existem algumas formas de se avaliar a fadiga muscular que pode ser por meio de força muscular, limiar de lactato, excitabilidade cortical e percepção subjetiva de esforço (PSE).

A força muscular avaliada pelo dinamômetro isocinético tem sido utilizado como referência de confiabilidade e reprodutibilidade em estudos que avaliaram força muscular e pico de torque, momento de maior força executada em toda sua amplitude e dessa forma verificar a presença de fadiga muscular (23).

O lactato é derivado do ácido láctico e tem como função fornecer energia para o metabolismo aeróbico e anaeróbico (24). A avaliação do limiar de lactato permite identificar o estado do treinamento do atleta, bem como a intensidade do treinamento relacionada ao metabolismo dos músculos, também tem sido uma ferramenta utilizada para avaliar o desempenho no exercício e quando os níveis de lactato aumentam bruscamente, é possível observar a fadiga, já que está intimamente ligada ao metabolismo energético, portanto conforme a intensidade do exercício aumenta os níveis de lactato também aumentam (25,26). Nielsen *et al.* (27) e Pedersen *et al.* (28) relatam que a acidose no músculo, causada pela concentração do ácido láctico, não é a causa da fadiga muscular, pelo contrário a acidose parece proteger contra a fadiga, ou seja, quanto maior for a concentração de ácido láctico no músculo há uma proteção contra a perda de força muscular causada pela despolarização do potencial de ação através do aumento da excitabilidade no sistema T, produzindo uma recuperação da força muscular, promovendo a homeostase muscular. O lactato apesar de não ser um causador de fadiga, pode ser utilizado como um indicador de exaustão, porém quando o desempenho muscular diminui o lactato não é o causador desse declínio. O aumento do

nível do lactato no sangue ocorre, pois há um aumento de uso de ATP, apresentando uma ressíntese aeróbica na mitocôndria e a acidez causada pelo lactato ajuda a postergar o início da fadiga ajudando em atividades intensas (29).

A excitabilidade cortical são alterações que podem ser mensuradas no córtex motor, esta é avaliada pela Estimulação Magnética Transcraniana (EMT), a qual é uma técnica indolor, não invasiva que investiga o córtex motor humano e é possível caracterizar as alterações nas vias motoras centrais em patologias neurológicas. A EMT é um instrumento útil para detectar a fadiga central através da modulação da excitabilidade corticoespinhal, quando há diminuição de ativação voluntária haverá presença de fadiga supraespinhal (30). Alterações no potencial evocado motor (PEM) durante e após exercícios fatigantes em musculatura em repouso são observadas com a EMT de pulso único, apresentando diminuição da amplitude do PEM quando comparados aos dados do PEM anterior ao exercício fatigante (13,31). Os fatores que induzirão o potencial evocado motor são: força de conexão do mono e oligosinápticos corticofugal com os motoneurônios; excitabilidade do córtex motor; excitabilidade dos motoneurônios e propriedades do potencial de ação das fibras musculares (13).

A percepção subjetiva de esforço (PSE) é uma ferramenta utilizada para quantificar a sensação de esforço durante o exercício, esta tem sido utilizada como uma forma de avaliação de variáveis fisiológicas como frequência respiratória, concentração de lactato, força muscular, frequência cardíaca e absorção de oxigênio. Em qualquer fase do exercício a PSE pode ser utilizada, pois é dependente do conteúdo de glicogênio no músculo, ou seja, quanto mais intenso for o exercício menor será o nível de glicogênio, causando desconforto ao praticante de atividade física. Desse modo, é proposto que a PSE não é meramente um *feedback* de sistema periférico, mas também tem um papel importante na regulação antecipada ao exercício, mesmo quando o nível de atividade é fixo (32). A PSE é coletada através do questionamento ao atleta durante o exercício utilizando a Escala CR10 de Borg (33). Essa versão adaptada da escala de Borg solicita ao indivíduo que dê uma nota de 0 a 10 quanto a sua sensação ao realizar a atividade, sendo 1 muito fácil e 10 extremamente difícil, conforme a fadiga se instala, a atividade fica cada vez mais difícil e a pontuação aumenta (32).

#### **1.4 Prevenção da fadiga muscular**

Para se retardar a fadiga durante o exercício podem ser utilizadas algumas estratégias como treinamento muscular de acordo com o esporte praticado, descanso entre os treinamentos, alimentação adequada pré e pós treino e alguns produtos farmacológicos, como por exemplo a cafeína e creatina (5,12).

Recentemente a estimulação não farmacológica cerebral e neural, como a Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC), tem sido utilizada no meio científico buscando a melhora do desempenho esportivo e diminuição da fadiga (34,35). Angius, Hopker e Mauger (36) relatam que o aumento de excitabilidade em área motora pode melhorar a resposta desta área apresentando atraso no desenvolvimento da fadiga supraespinhal, melhorando assim a capacidade para realizar exercício. Colzato, Nitsche & Kibele (34) relatam que a ETCC parece ser uma ferramenta que promove aprendizado motor, percepção de movimento, força muscular e melhora da fadiga, itens essenciais para o desempenho esportivo.

## **1.5 Estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC)**

### **1.5.1 Conceito**

A Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC) é um técnica não invasiva e indolor na região cerebral que altera excitabilidade neuronal de diferentes regiões corticais, esta aplica uma corrente elétrica fraca, apresentando alterações na plasticidade sináptica, função da barreira hematoencefálica, tempo e limiar de potencial de ação e alterações morfológicas e moleculares (37,38,39).

A aplicação de ETCC se dá através de eletrodos de corrente positiva (anodo) e negativa (catodo), estas geram excitabilidade crescente e decrescente, respectivamente (40,41).

### **1.5.2. Modo de aplicação, segurança**

O aparelho de ETCC aplica uma corrente elétrica de baixa potência que pode variar de 0,5 a 4mA através de dois ou mais eletrodos na região da cabeça e por vezes fora dela, como por exemplo o ombro. O período de aplicação é variável conforme a necessidade (42,43,44,45). O grau e duração do estímulo após aplicação de ETCC depende da dosagem da corrente e momento da aplicação, ou seja, durante ou antes da tarefa efetuada (46).

Para a segurança do uso de ETCC é necessário ficar atento a alguns detalhes, como salinidade das esponjas dos eletrodos, configurações dos eletrodos, intensidade da corrente e forma da corrente (47). Sensações e formigamento na pele sob os eletrodos, coceira, desconforto e fadiga moderada são efeitos que podem ocorrer, além de insônia, náusea, queimação e cefaléia, porém não tão comuns (12,47,48). A aplicação de ETCC é uma técnica segura para modulação da função cerebral, porém em alguns estudos foi demonstrado que ao utilizar uma corrente com intensidade alta apresentou mais efeitos adversos (48).

### **1.5.3. Efeitos neurofisiológicos**

O efeito neurofisiológico da ETCC parece ser dependente da intensidade da corrente e tempo de aplicação, este efeito pode perdurar após o término da aplicação (37,40). Barwood *et al.*(49) relatam que a aplicação aguda de ETCC por pelo menos 10 minutos tem apresentado resultados de excitação neuronal por 50 minutos ou mais.

### **1.5.4 ETCC no desempenho atlético e fadiga**

A ETCC vem sendo investigada na área esportiva com o intuito de verificar se há melhora no desempenho atlético ou fadiga, através de aspectos como o controle autonômico cardíaco, percepção subjetiva de esforço e desempenho aeróbico (50), desempenho em exercícios isométricos de membros superiores e atuação da atividade neuronal supraespinhal (14).

Como pode ser observado em alguns estudos como Williams *et al.*(8) sugerem que o uso de ETCC anodal melhora *performance* motora prolongando a resistência motora durante contração de atividade submáxima em musculatura flexora de cotovelo em indivíduos saudáveis, quando comparados ao ETCC *sham*, através do aumento da excitabilidade cortical. Sales *et al.*(51) observaram diminuição da frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço em exercícios submáximo de contração concêntrica de extensão de joelho em dinamômetro isocinético com estimulação anodal em T3 e cátodo na área contralateral supraorbital em indivíduos praticantes de atividade física.

Recentemente diversos estudos aplicaram ETCC para investigar seus efeitos no desempenho físico de atletas e pessoas saudáveis. Como resultado Cogiamanian *et al.* (14) observaram aumento do tempo de contração dos flexores de cotovelo de voluntários

saudáveis, demonstrando assim que há modulação na fadiga neuromuscular; Williams *et al.*(8) observaram redução na fadiga de flexores de cotovelo; Vitor-Costa *et al.* (15) verificaram aumento de pico de potência durante o cicloergômetro em ciclistas, modulação do sistema parassimpático com conseqüente diminuição da frequência cardíaca e melhora na tolerância ao exercício; Borducchi *et al.*(52) verificaram melhora de desempenho esportivo, bem-estar e recuperação rápida após exercício de atletas de judô, natação e ginástica rítmica; Angius *et al.*(35) verificam diminuição de percepção subjetiva de esforço por ciclistas e Park *et al.*(53) apresentaram melhora de teste de tempo de exaustão de corredores em esteira, porém sem apresentar melhora em frequência cardíaca, consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>), ventilação pulmonar, coeficiente de troca gasosa e limiar ventilatório.

Vitor-Costa *et al.*(12) sugerem que o exercício físico aumenta a excitabilidade do córtex motor e a estimulação com ETCC talvez utilize o mesmo mecanismo. Desse modo, parece que esse recurso é viável na utilização da tolerância ao exercício e fadiga, sendo uma estratégia de recurso ergogênico para melhorar o desempenho atlético. A ETCC tem se mostrado como um recurso para aprendizado motor e desempenho motor e apresenta um efeito na redução de percepção de fadiga (50,52). De acordo com Cabral *et al.*(54) a ETCC deve ser utilizada antes da tarefa solicitada.

No entanto, outros estudos encontraram resultados contrários, como Angius *et al.*(55) que utilizaram ETCC para a diminuição de dor induzida pelo exercício e melhora de força de flexores de cotovelo de indivíduos saudáveis e não apresentaram resultados significativos; Montenegro *et al.*(56) realizaram estudo cujo objetivo foi verificar se a ETCC anódica seria capaz de aumentar desempenho atlético durante o exercício máximo de força (EMF) de contração muscular de flexores e extensores de joelho de voluntários universitários e não observaram diferença significativa quando comparados os voluntários do grupo ativo aos indivíduos do grupo *sham*. De acordo com Edwards *et al.*(57) a intervenção com ETCC pode aperfeiçoar o aprendizado motor e conseqüentemente o desempenho motor, porém é necessário ficar atento quanto a esses resultados, por se tratar de uma técnica relativamente nova. Portanto, diante de resultados contraditórios e escassa pesquisa a respeito, sugere-se que mais estudos são necessários para melhor entendimento dos efeitos da ETCC sobre a fadiga central e periférica.

## **1.6 Justificativa**

A fadiga muscular gerada durante a corrida pode diminuir a ativação muscular, aumenta o risco de lesões, fraturas e quedas e diminuir o desempenho atlético. Portanto, a prevenção da fadiga em atletas se torna importante. Avaliar se a ETCC é capaz de aumentar a resistência à fadiga muscular pode ser uma ferramenta viável para treinamento muscular e melhora de desempenho atlético. Além disso, o uso de ETCC em esporte ainda não apresenta um consenso quanto a sua aplicação e é recente e por não ser invasiva e sem efeitos colaterais precisa ser mais explorado.

Isso exposto, entender como a ETCC atua na fadiga muscular se torna importante para o desenvolvimento de uma possível técnica que ajude no desempenho atlético. A hipótese do estudo é que a ETCC ativa aplicada antes de um protocolo de fadiga do músculo quadríceps de corredores amadores irá prorrogar o início da mesma ou diminuir o seu efeito.

## **2. OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar o efeito da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC) na fadiga central e periférica de atletas corredores amadores aplicada antes de um protocolo de fadiga do músculo quadríceps em dinamômetro isocinético.

### **2.2 Objetivo Específico**

- Avaliar a excitabilidade cortical da área motora referente ao músculo quadríceps femoral dominante por meio do Potencial Evocado Motor (PEM) antes e após protocolo de fadiga realizado após ETCC ativa ou sham em atletas corredores amadores.
- Avaliar resistência à fadiga durante protocolo de fadiga em dinamômetro isocinético após ETCC ativa ou sham em atletas corredores amadores.
- Avaliar o nível de lactato antes, durante e após protocolo de fadiga realizado após ETCC ativa ou sham em atletas corredores amadores.
- Avaliar a Percepção Subjetiva de Esforço durante protocolo de fadiga realizado após ETCC ativa ou sham em atletas corredores amadores.



### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Desenho do estudo

Trata-se de um estudo clínico, *crossover*, controlado por *sham*, triplo-cego (avaliadores, terapeutas e participantes), em indivíduos adultos, atletas praticantes de corrida amadora, com idade de 25 a 50 anos, conforme linha do tempo em figura 1.

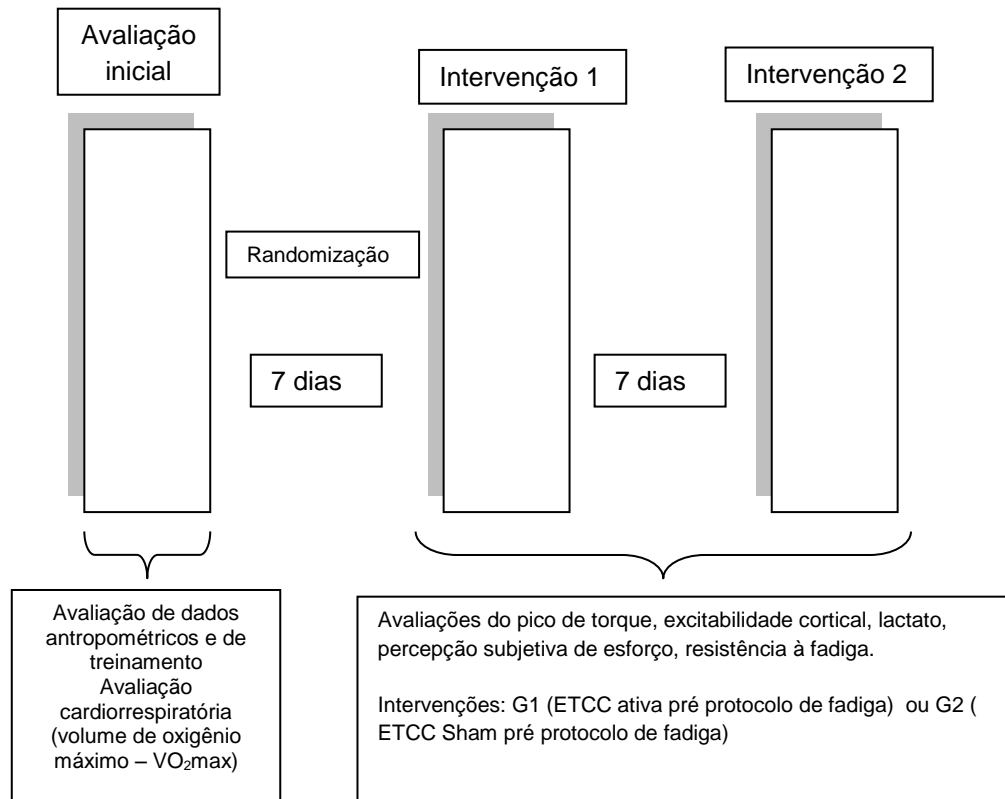


Figura 1. Linha do tempo do desenho experimental.

#### 3.2 Local de estudo

O estudo foi realizado na Universidade Nove de Julho – Campus Vergueiro, localizado na Rua Vergueiro, 235/249 – 2º subsolo, Liberdade - São Paulo – SP e Universidade Federal – UFABC, localizado na Alameda da Universidade s/n, bloco ômega, São Bernardo do Campo – São Paulo - SP.

### **3.3 Aspectos Éticos**

O protocolo deste estudo segue as normas estabelecidas na Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (CNS). Durante a triagem os participantes elegíveis receberam instruções sobre o estudo e após serem informados da finalidade e dos aspectos pertinentes ao projeto, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE A), podendo retirar-se da pesquisa em qualquer momento, sem penalização.

O projeto foi submetido ao Comitê de Ética da Universidade Nove de Julho (26427819.1.0000.5511) localizado em na cidade de São Paulo, Brasil e registrado no Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos RBR-8zpnxz

### **3.4. Sujeitos**

Participaram do estudo 26 indivíduos adultos, de ambos os sexos, recrutados em assessorias esportivas especializadas em corrida na cidade de São Paulo, provas que apresentem a distância de 5 a 21 km, bem como contato por meio de redes sociais com pessoas associadas à corrida, sendo selecionados apenas aqueles que apresentarem os critérios de elegibilidade a seguir:

#### **3.4.1 Critérios de elegibilidade**

##### **Critérios de inclusão:**

- Idade 25 a 50 anos;
- Praticante de corrida de 5 a 21 km que treinasse corrida e fortalecimento muscular pelo menos 3x/semana, no mínimo por seis meses ininterruptos;
- Que aceitassem participar do estudo por meio do termo de consentimento livre e esclarecido – TCLE e que aceitassem não modificar sua rotina de treino durante o período do estudo (exemplo modificar treinos de corrida ou musculação), porém foram orientados a não realizar atividade física durante as 24h precedentes ao estudo.

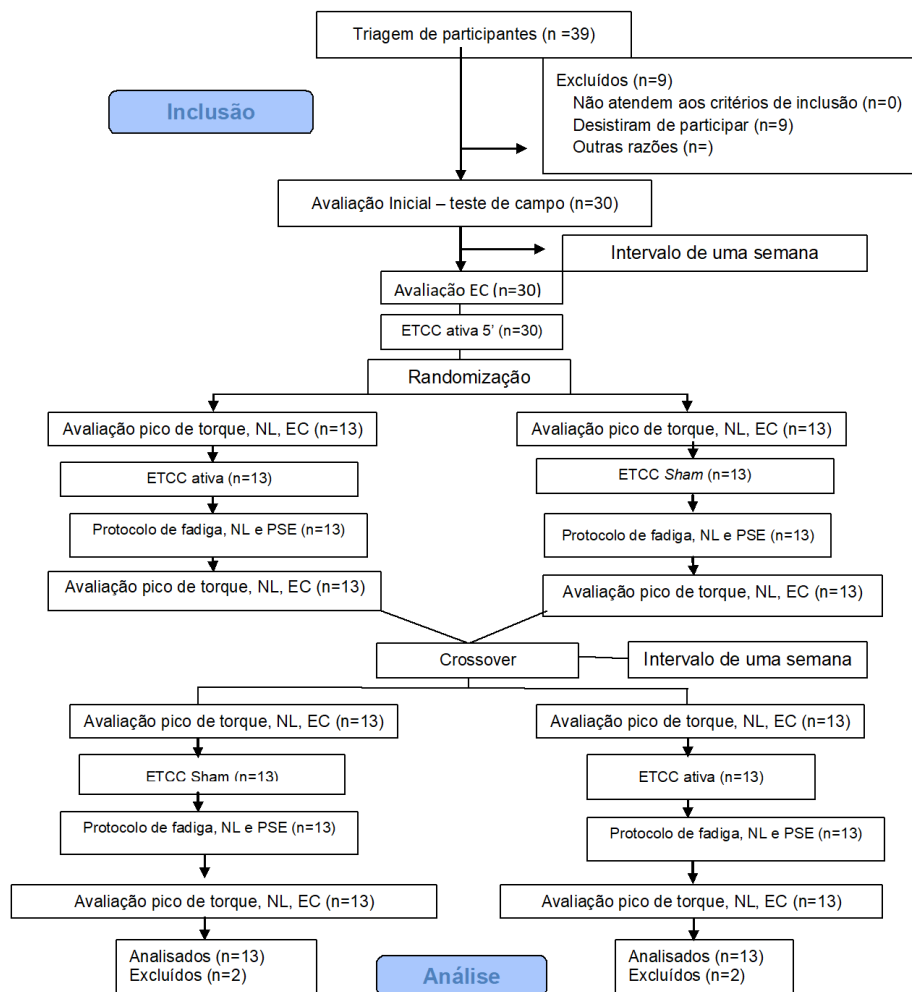
##### **Critérios de não inclusão**

- Realizar, além da corrida, outras atividades físicas como natação, lutas e outros;
- Não apresentar liberação médica para participar do estudo;

- Mulheres grávidas ou que engravidassem no período do estudo;
- Voluntários com lesão recente e não cicatrizada do Sistema Músculo Esqueléticos de membros inferiores ou que se lesionassem no período de estudo;
- Fazer uso de drogas de ação central (antihistamínico, anti-depressivo, anti-epilético);
- Utilizar marcapasso ou qualquer implante metálico na cabeça;
- Contra-indicações ao uso da ETCC (histórico de convulsão recorrente, tumores ou infecção cutânea no local da estimulação e materiais metálicos implantados no encéfalo).

O estudo foi realizado conforme fluxograma abaixo (figura 1), de acordo com Consort.

**Figura 1.** Fluxograma do estudo.



EC – excitabilidade cortical, ETCC - Estimulação Transcraniana por corrente contínua, NL – Nível do lactato, PSE -Percepção Subjetiva de Esforço

### 3.4.2 Aleatorização

A ordem dos protocolos de estimulação foi aleatorizada de forma simples por meio de sorteio em site randomization.com por pesquisador que não fez parte do recrutamento dos voluntários. Os códigos foram sorteados para o primeiro protocolo de estimulação ativa ou sham pré-protocolo de fadiga. A segunda estimulação foi contrária à primeira. O estudo respeitou um período de intervalo de uma semana entre as sessões (cruzamento dos participantes) para evitar um possível potencial efeito somatório das estimulações (58).

Os voluntários foram alocados em dois grupos:

Grupo 1: Estimulação ativa pré protocolo de fadiga

Grupo 2: Estimulação sham pré protocolo de fadiga

### 3.4.3 Cegamento

O estudo foi triplo cego, sendo cegos o avaliador, o pesquisador que aplicou a ETCC e o participante. O dispositivo NeuroConn DC-STIMULATOR PLUS possui configurações que permitem a seleção do modo de estimulação ativo ou modo de simulação, inserindo códigos. Um pesquisador não envolvido no tratamento ou nas avaliações programou o equipamento com o código ao qual o participante foi alocado. O tipo de estímulo (ativo ou sham) não foi percebido por pistas visuais ou pelo funcionamento externo do dispositivo. Portanto, nem o pesquisador que colocou o equipamento no participante, nem o participante soube qual tratamento ele recebeu.

Para validar o cegamento foi aplicado o questionário de validação de cegamento (Anexo I) ao término da intervenção, com objetivo de verificar se o voluntário que recebeu a intervenção respondeu corretamente e fielmente aos questionamentos em relação aos possíveis efeitos das técnicas utilizadas no estudo sem estar consciente do tipo de intervenção que recebeu (ativa ou *sham*). A mesma tem sido bem considerada para pesquisa, visando aumentar a confiabilidade metodológica evitando possíveis riscos de mascaramento.

### 3.5 Intervenção:

#### 3.5.1 ETCC anodal

A aplicação da ETCC com o aparelho neuroConn DC-STIMULATOR PLUS, com montagem clássica da ETCC uni hemisférica bilateral não simétrica, foi realizada antes do protocolo de fadiga, por meio de dois eletrodos de superfície não-metálicos de 5x7cm<sup>2</sup> (catodo) e 5x5cm (anodo), envoltos em uma esponja de celulose umedecidos em solução salina a 0,9%, para melhor condução elétrica. O eletrodo anodo foi posicionado sobre a área motora correspondente ao músculo quadríceps, previamente estabelecida pelo uso da EMT (local de maior resposta mioelétrica do músculo, também conhecida como *hotspot*). O catodo foi posicionado na região supraorbital contralateral ao anodo. Os eletrodos foram fixos por duas faixas de borracha hipoalérgicas e por dois pinos auxiliares. Tempo de aplicação da ETCC foi de 20 minutos com intensidade de +2 mA, com rampa linear de 10 segundos para cima/para baixo. Foi solicitado ao participante que comparecesse com couro cabeludo higienizado, sem produto como condicionador ou gel para cabelo etc., para evitar que ocorresse a bioimpedância durante a intervenção. Durante esta, foi higienizado os locais de montagem do eletrodo com álcool 70%.

#### 3.5.2 ETCC sham

O mesmo procedimento foi repetido para ETCC *sham*, no entanto, o aparelho mantevesse ligado por 20 segundos, de acordo com o programa do próprio aparelho. O participante foi informado que sentiria inicialmente um formigamento, mas ao longo do tempo diminuiria até cessar e não recebeu mais nenhuma estimulação no tempo restante.

#### 3.5.3 Protocolo de fadiga

Para realizar o protocolo de fadiga, o participante posicionou-se sentado no dinamômetro isocinético (System 2, Byodex), fixo ao assento com cintas, com angulação de 100° entre tronco e quadril, e membro inferior dominante com flexão de 60° (0° correspondente a extensão completa do joelho). O eixo do dinamômetro foi posicionado no centro do joelho e os participantes foram orientados a segurar ao lado da cadeira durante a execução do protocolo de fadiga. O protocolo consistiu em contrações concêntricas para flexão e extensão de joelho em 100% da contração voluntária máxima (CVM) do membro dominante, com uma velocidade de 60°/s para movimentos concêntricos, com alcance de movimento de 60° (entre 90° e 30° de flexão de joelho). A cada contração, houve uma força

oposta (resistência ao movimento) executada pelo dinamômetro, quando o participante atingisse três contrações a 50% da CVM foi caracterizada como fadiga muscular (59).

### **3.6 Procedimentos de avaliação**

Todos os voluntários foram triados utilizando uma ficha com informações dos critérios de elegibilidade (APÊNDICE B) e avaliados apenas os que estivessem aptos a participarem do estudo.

Foram instruídos a evitar o consumo de cafeína, chá, álcool, fumo ou drogas no dia anterior às avaliações e experimento. Foi solicitado também que evitasse atividade física no dia que precedessem as avaliações, pois, por se tratar de um estudo que analisa fadiga, a prática da atividade física anterior ao experimento poderia alterar os dados. A avaliação inicial para caracterização dos voluntários (APÊNDICE C) foi realizada no primeiro dia contendo dados como nome, idade, sexo, profissão, tempo (meses ou anos que pratica corrida), frequência semanal de corrida, se realizava outra atividade física além da corrida, uso de medicamentos contínuos, dados antropométricos como peso, altura e Índice de Massa Corpórea (IMC), história de fraturas, cirurgias e lesões em membros inferiores. Além de Frequência cardíaca de repouso (FCr), aptidão cardiorrespiratória. Foi verificado também, se o indivíduo é ou não respondedor ao estímulo com ETCC. Os indivíduos não foram excluídos do estudo, porém foi realizada uma pós-análise dos dados dos mesmos.

#### **3.6.1 Avaliação de aptidão cardiorrespiratória**

A avaliação da aptidão cardiorrespiratória, consumo máximo de oxigênio ( $VO_2\text{max}$ ), foi realizada pelo teste de campo de 3200m desenvolvido pelo Dr. Art Weltman (60), este tem como objetivo prever o  $VO_2\text{max}$  dos voluntários. Essa medida foi utilizada para caracterizar o participante. O teste de campo consistiu em solicitar ao voluntário que corra o mais rápido uma distância de 3200m em uma pista de 400m, o tempo foi coletado e aplicado na seguinte fórmula:

$$VO_2 \text{ Max (ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}) = 118,4 - 4,774 (T)$$

T = tempo em minutos e fração decimal dos 3200 metros.

Os voluntários foram classificados como muito fraco a excelente para condição física, conforme resultado do  $VO_2\text{max}$  e faixa etária, em consonância com tabela de classificação do American Heart Association (ANEXO II) (61).

### **3.6.2. Avaliação do pico de torque**

Para elaborar o protocolo de fadiga foi avaliado o pico de torque do músculo quadríceps femoral de cada indivíduo, utilizando um dinamômetro isocinético (System 4, Byodex) (Figura 2). Essa ferramenta foi escolhida por ser referência de confiabilidade e reprodutibilidade (23), reconhecida para análise de desempenho muscular.

Esta avaliação foi o desfecho principal do estudo, para tanto foi avaliada pré ETCC e pós protocolo de fadiga .

Inicialmente foi realizado um teste de contração voluntária máxima (CVM) de cada indivíduo para familiarização do equipamento e movimento que deveria ser realizado. O indivíduo foi posicionado sentado no dinamômetro isocinético, fixo ao assento com cintas, com angulação de  $100^\circ$  entre tronco e quadril, e membro inferior dominante com flexão de  $60^\circ$  ( $0^\circ$  correspondente a extensão completa do joelho). O eixo do dinamômetro foi posicionado no centro do joelho e os indivíduos foram orientados a segurar em apoio localizado na lateral do assento durante a execução do movimento.

Foi solicitado que o participante realizasse três contrações isométricas de extensores do joelho no membro dominante, de dez segundos cada. O maior valor de torque das três contrações foi considerado o pico de torque, este dado foi utilizado para definir a força muscular do quadríceps femoral e utilizado para elaborar o protocolo de fadiga, bem como para comparação posterior à intervenção com ETCC.

A execução das contrações foi incentivada por comandos verbais de “vai força, força, mais forte, mais forte”, sempre pelo mesmo avaliador, o qual era cego para a randomização e locação dos participantes.

**Figura 3– dinamômetro isocinético**



**Fonte:** <https://www.sportslab.com.br/servicos/avaliacao-e-treino-isocinetico/> (2019)

O avaliador que realizou o teste de CVM era cego para a randomização e locação dos voluntários do grupo experimental.

### **3.6.3 Avaliação resistência à fadiga muscular**

A avaliação da resistência à fadiga muscular se deu pela quantidade de contrações musculares executadas pelo indivíduo durante o protocolo de fadiga no dinamômetro isocinético. O resultado do número de contrações realizadas até atingir três contrações a 50% da CVM (59) máxima após o indivíduo receber ETCC anodal e sham, os dados entre grupos foram comparados.

### **3.6.4 Avaliação de nível de lactato**

Para análise do nível de lactato foram coletadas amostras sanguíneas antes (lactato 1), durante (lactato 2) e após 2 minutos do término (lactato 3) do protocolo de fadiga. Para isso foi realizada a punção no dedo indicador do participante, após assepsia local com álcool, utilizando-se lancetas próprias (Nanolet <sup>TM</sup>) para tal procedimento e luvas descartáveis (Supermax com). Um volume de 25 µl de sangue foi coletado em capilares de vidro heparinizados e calibrados, e depositados em tubos Eppendorff contendo 50 µl de fluoreto de sódio à 1%, que foram armazenados a - 20°C para posterior análise.

As amostras sanguíneas foram analisadas por meio de um analisador de lactato (Yellow Springs Instruments - YSI, 1500 Sports, Ohio, USA), o qual foi previamente



calibrado com 25 µl de solução de 5mmol/l a cada 10 amostras, sendo a margem de erro aceitável de  $\pm 2\%$ .

As amostras foram coletadas por um avaliador que também não tinha conhecimento sobre a alocação dos voluntários nos dois grupos experimentais.

A análise do lactato permitiu verificar se a ETCC postergou a fadiga, através de aumento do lactato em maior escala, já que o lactato é um marcador de índice de fadiga e que promove a homeostase da acidez tecidual durante o exercício.

### **3.6.5 Avaliação de Percepção Subjetiva de Esforço**

A Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) foi avaliada por meio da Escala de Borg adaptada (62) (ANEXO III), este foi aplicada durante o protocolo de fadiga muscular. Essa versão adaptada da escala de Borg solicita ao indivíduo que desse uma nota de 0 a 10 quanto a sua sensação ao realizar a atividade, sendo 1 muito fácil e 10 extremamente difícil, conforme a fadiga se instala, a atividade ficava cada vez mais difícil e a pontuação aumentava.

A escala foi coletada por um avaliador que não tinha conhecimento sobre a alocação dos voluntários nos dois grupos experimentais.

### **3.6.6 Medidas de excitabilidade cortical**

Foi coletada a excitabilidade cortical da área motora responsável pelo músculo quadríceps, pela análise do potencial evocado motor (PEM) (Figura 4) deste músculo, pré e após o protocolo de fadiga, este pode ser influenciado por neurônios corticais e espinhais. Para esta avaliação foi utilizado o equipamento Estimulação Magnética Transcraniana (EMT), MagPro R30, Magventure, Dinamarca, com bobina em forma de oito, utilizando vinte e quatro pulsos com 120% do Limiar Motor de repouso (LMR). A EMT foi posicionada sobre a área motora e realizado um rastreamento do local com intuito de achar o *hotspot* do músculo quadríceps, local de maior resposta motora, demonstrada pelo sinal elétrico do músculo por meio do equipamento de eletromiografia, cujo eletrodos descartáveis de cloreto de prata (Ag-AgCl; 3M, Brasil) foram posicionados sobre o ventre muscular do reto femoral, após limpeza com álcool e tricotomia do local, caso necessário. O eletrodo de referência foi posicionado sobre região próxima a vértebra C7. O posicionamento dos eletrodos seguirá o protocolo SENIAM (Surface ElectroMyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles).

O Limiar Motor de repouso (LMR) é a menor intensidade de estimulação necessária para evocar contrações musculares de 50µV, pico a pico, em pelo menos 50% de dez

estímulos, com o voluntário em repouso. O voluntário foi posicionado sentado em uma cadeira para facilitar a estimulação e posicionamento da bobina.

O PEM foi encontrado utilizando vinte e quatro pulsos com 120% do LMR. Para isto, foi utilizado e um eletromiógrafo de superfície (EMGs) para captar sinais do músculo reto femoral do próprio aparelho de EMT (MEPOption, Magventure, Dinamarca), cujo eletrodos descartáveis de cloreto de prata (Ag-AgCl; 3M, Brasil) foram posicionados da mesma forma do rastreamento do hotspot (63).

Encontrado o *hotspot*, foi encontrado o limiar motor de repouso (LMR) do voluntário para o músculo alvo. A atividade eletromiográfica foi pré-amplificada em 1000x, filtrada em 20-1000Hz e amostrada em 2000Hz (63).

O PEM foi coletado na pré intervenção e após o protocolo de fadiga. Os avaliadores foram treinados e cegos para o tratamento do indivíduo (ETCC anodal ou sham).

**Figura 4 – Potencial Evocado Motor**



Fonte: [www.naukas.com](http://www.naukas.com)

### 3.6.7 Avaliação de fatores confundidores

#### Distúrbios do sono

Distúrbios relacionados ao sono foram analisados pelo Índice de Qualidade do Sono de Pittsburgh (*Pittsburgh Sleep Quality Index* - PSQI) (ANEXO IV), que consiste em um questionário composto por 24 perguntas, das quais 19 são auto-avaliativas e subdivididas em 7 domínios: 1º, qualidade subjetiva do sono; 2º, latência do sono; 3º, tempo de duração do sono; 4º, efetividade habitual do sono; 5º, distúrbios do sono; 6º, utilização de medicamentos para dormir e 7º, disfunções diurnas.

Completando esse questionário havia cinco perguntas adicionais que deveriam ser respondidas pela pessoa que divide o mesmo dormitório com o indivíduo participante da

avaliação. A somatória dos 7 domínios varia de 0 a 21 pontos, sendo que a maior pontuação sinaliza uma qualidade de sono muito ruim. Quando o indivíduo apresentasse um escore maior que 5 em pelo menos 2 dos 7 domínios, este seria indicação de dificuldade alta para dormir, e quando esse escore maior que 5 compreender 3 dos 7 domínios indicaria dificuldade moderada.

O PSQI foi coletado assim que o indivíduo chegasse para realizar os procedimentos do dia. Sua confiabilidade é de 0,82 (coeficiente de confiabilidade geral) (64,65).

O avaliador era cego para o grupo de tratamento.

### **3.6.8 Aferição de potenciais efeitos adversos**

Para verificação de possíveis efeitos adversos decorrentes da estimulação cerebral não invasiva foi aplicado o questionário de efeitos adversos (tDCS - *Side Effects Questionnaire* - versão traduzida para o português) diariamente e logo após a intervenção (66) (ANEXO V).

## 4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

### Tamanho da amostra

Foi realizado um estudo piloto para o cálculo amostral, com uma amostra de 5 corredores amadores (homens/mulheres). Os indivíduos foram aleatorizados para dois tipos de tratamento no primeiro dia ETCC anodal ou *sham* pré-protocolo de fadiga, o segundo dia de tratamento (uma semana após), o tratamento foi o oposto ao primeiro dia. Essa randomização foi cega para avaliador, para o pesquisador que aplicou o tratamento e para o voluntário da pesquisa.

Para o cálculo da amostra foi considerada diferença do pico de torque entre o pós e a pré intervenção com ETCC em dinamômetro isocinético. Foi considerado um intervalo de confiança de 99%, com valor de  $p < 0,05$ . O cálculo amostral foi realizado por meio do Software GPOWER3. Usando esses parâmetros, o cálculo da amostra foi baseado no grupo ETCC ativo ( $44,66 \pm 15,25$  N.m) e ETCC sham ( $24,96 \pm 10,64$  N.m), resultando em um tamanho de amostra de 18 participantes, com percentual de 20% de perda, totalizando 20 participantes.

Foi utilizado o programa estatístico SPSS (versão 22). Para a caracterização da amostra, validação de cegamento e distúrbio de sono foi utilizado teste de *Shapiro-Wilk* para verificar a normalidade dos dados. Análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas considerando como fatores grupo (Grupo anodal vs. Grupo Sham) e tratamento (pre e pós tratamento) foi usada para verificar a influência da ETCC no pico de torque dos músculos extensores do joelho com teste post hoc de Bonferroni. O tamanho do efeito entre as interações foi verificado pelo partial eta squared ( $\eta_p^2$ ) (Cohen, 1988).

Na análise de PSE, lactato e resistência à fadiga entre grupos Anodal e Sham o teste Wilcoxon foi utilizado. A correlação de Spearman foi realizada para correlacionar a qualidade do sono com os resultados da estimulação ativa e sham do pico de torque. Os dados paramétricos foram representados em média e desvio-padrão e os dados não-paramétricos em mediana e intervalo interquartil.

## 5. RESULTADOS

Foram recrutados 39 indivíduos, dos quais 9 foram excluídos por compareceram em apenas uma sessão, 4 indivíduos foram excluídos pois as amostras de lactato apresentaram-se inadequadas, totalizando 26 indivíduos. As características clínico demográficas dos indivíduos estão descritas na tabela 1:

**Tabela 1. Característica descritivas da amostra (n=26).**

<b>Variáveis</b>	<b>(n=26)</b>
Gênero (M/F)	15/11
Idade (Anos)	38,19±6,53
Altura (m)	1,70±0,09
Massa corporal (kg)	72,12±13,82
Índice de Massa Corpórea	24,82±3,12
Treino Semanal/corrída e fortalecimento (dias)	5,23±1,24
Tempo de treinamento de corrida (meses)	73,73±79,68
Corredores de 5km (n)	6
Corredores de 10km (n)	8
Corredores de 21km (n)	12
Respondedores a ETCC (n)	6
<b>Capacidade cardiorrespiratória (n)</b>	
Muito Fraco	1
Fraco	3
Regular	4
Boa	3
Excelente	15

Legenda. Dados expressos em Média ± Desvio Padrão. Masculino (M); Feminino (F); metro (m); quilograma (kg); quilometragem (km); número de indivíduos (n)

Os indivíduos respondedores à ETCC anodal (n=6) foram avaliados individualmente, foi possível observar que 5 deles apresentaram aumento do PEM e lactato 2 com estimulação anodal.

Os indivíduos eram diferentes quanto à capacidade cardiorrespiratória, tempo de treinamento de corrida, quilometragem percorrida e velocidade da corrida.

Na figura 5 estão representados os resultados do pico de torque (N.m) pela CVM do quadríceps muscular.

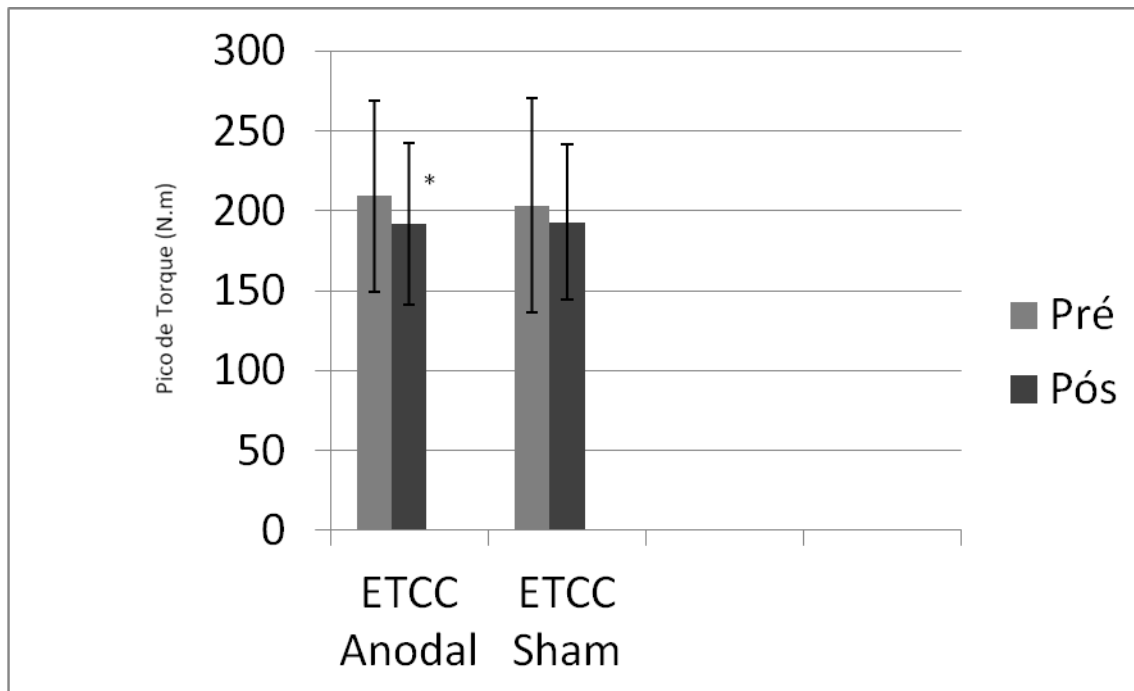


Figura 5. Gráfico do pico de torque (N.m)(n=26) dos grupos ETCC Sham e ETCC anodal nos momentos pré e pós ETCC seguido do protocolo de fadiga, \* $p < 0,05$ .

Observa-se na figura 5 que houve uma diminuição do pico de torque após protocolo de fadiga para ambos os grupos ETCC anodal (baseline  $204,29 \pm 60$  N.m vs pós  $191,65 \pm 50,69$  N.m,  $p = 0,048$ ) e ETCC sham (baseline  $203,45 \pm 67,08$  N.m vs pós  $192,73 \pm 48,66$  N.m,  $p = 0,094$ ). A ANOVA não demonstrou interação significativa entre os grupos para a variável pico de torque ( $F = 0,60$ ,  $p < 0,44$ ;  $\eta_p^2 = 0,18$ )

Na figura 4 estão apresentados os resultados da resistência à fadiga do músculo quadríceps (quantidade de contrações musculares de cada indivíduo executadas durante o protocolo de fadiga até atingir 50% da CVM) de ambos os grupos, após receberem ETCC anodal ou sham

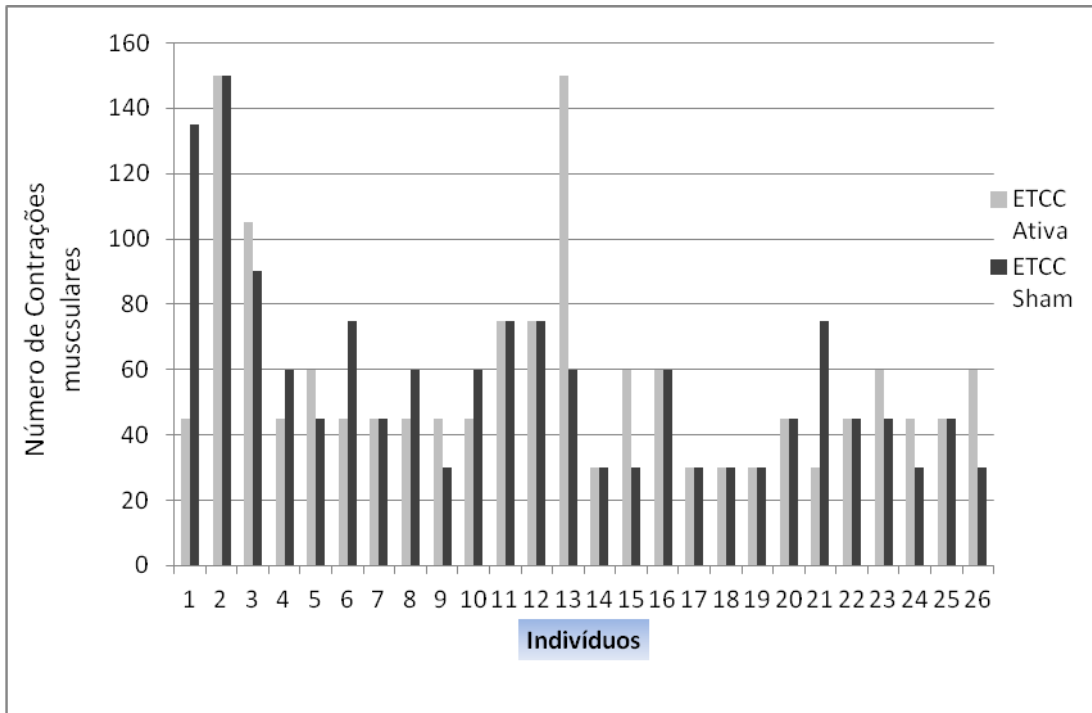


Figura 6. Resistência à fadiga (quantidade de contrações musculares individuais executadas durante protocolo de fadiga), realizado após ETCC anodal e ETCC sham.

Observa-se na figura 6 que os indivíduos 3, 5, 9, 13, 15, 23, 24 e 26 apresentaram um maior número de contrações musculares durante o protocolo de fadiga após receberem ETCC anodal; já os indivíduos 1, 4, 6, 8, 10 e 21 apresentaram um maior número de contrações musculares durante o protocolo de fadiga após receberem ETCC sham

Foi possível observar que os indivíduos com maiores contrações após ETCC anodal e que treinassem mais que 5 dias por semana, apresentaram aumento de lactato 2 para a estimulação anodal, porém o mesmo não foi observado nos indivíduos que receberam a estimulação sham.

Na figura 7 estão apresentados os resultados do PEM dos grupos ETCC ativa (n=20) e Sham (n=21), pré e pós intervenções. No grupo ETCC anodal pré protocolo de fadiga foram excluídos 3 indivíduos e no pós fadiga 10 indivíduos, enquanto no grupo ETCC sham pré protocolo de fadiga foram excluídos 3 indivíduos e no pós fadiga 9 indivíduos sendo assim foi considerado para análise o PEM de 20 indivíduos no grupo ETCC anodal e 21 no grupo ETCC sham.

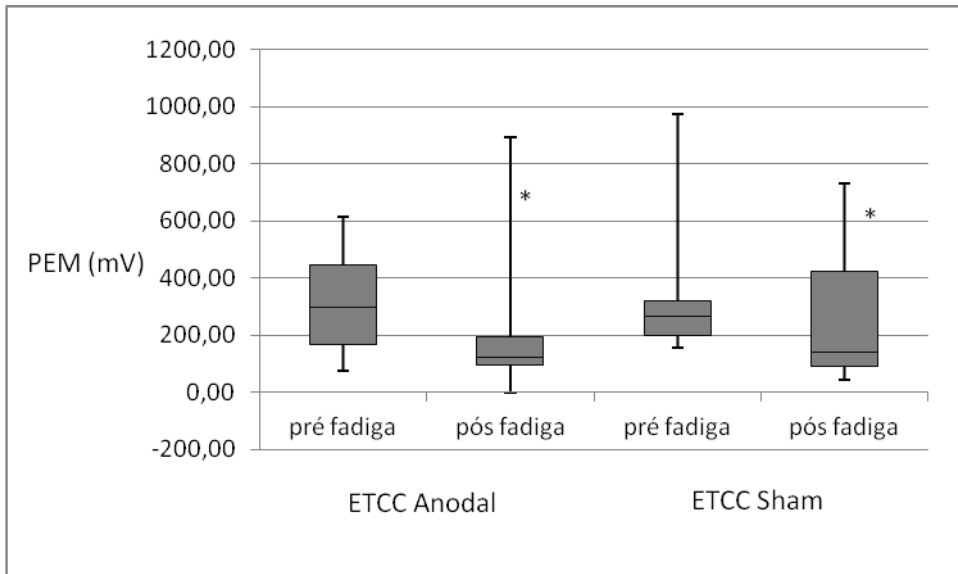


Figura 7. Gráfico dos resultados do Potencial evocado motor (PEM) (mV) de grupos ETCC anodal e ETCC sham, \* $p < 0,05$ .

Observa-se que houve diminuição de PEM após ETCC em ambos os grupos, sendo ETCC anodal ( $n=20$ ) pré fadiga  $296,75(73,33/613,75)$ mV e pós fadiga  $120(75/948,28)$ mV,  $p=0,05$ . E no grupo ETCC Sham ( $n=21$ ) pré fadiga  $263,75(63,08/736,25)$ mV e pós fadiga  $140(60/565,63)$ mV,  $p=0,03$ . Sem diferença significativa entre grupos ( $p= 0,98$ ).

Na tabela 2 estão apresentados os resultados do nível de lactato ( $\text{mmol.l}^{-1}$ ) pré (lactato 1), durante (lactato 2) e após 2 minutos do término do protocolo de fadiga (lactato 3).

**Tabela 2. Análise de lactato (n=26)**

	Lactato 1( $\text{mmol.l}^{-1}$ )	Lactato 2( $\text{mmol.l}^{-1}$ )	Lactato 3( $\text{mmol.l}^{-1}$ )
Grupo Anodal	2,37(1,02 - 5,49)	4,54(2,64 - 15,63)*	4,87(1,93 - 12,66)*
Grupo Sham	1,53(0,48-5,22)	3,91(0,84-13,11)*	4,74(0,90-12,57)*
p	0,66	0,049*	0,536

Legenda: Lactato pré protocolo de fadiga (Lactato 1); Lactato durante protocolo de fadiga (Lactato 2); Lactato após 2 minutos do término do protocolo de fadiga (Lactato 3). Dados expressos em Mediana e Intervalo Interquartil, \* $p < 0,05$ .

Na tabela 2 é possível observar que houve aumento significativo de lactato 2 e 3 comparado ao lactato 1 em ambos os grupos ( $p=0$ ). Sendo a diferença intergrupo significante ( $p=0,049$ ) apenas para o lactato 2 em relação ao lactato 1 no Grupo ETCC Anodal.



### **Percepção Subjetiva de Esforço**

A Percepção Subjetiva de Esforço aumentou significativamente ( $p=0$ ) em ambos grupos após protocolo de fadiga e ETCC, sem diferença significativa intergrupos. ETCC anodal foi de 8(4/10) e após ETCC Sham 7,5(4/10), ( $p=0,56$ ).

### **Distúrbios de sono**

Os resultados do distúrbio de sono mostraram que 66,7% apresentavam qualidade de sono boa, 30% ruim e 3,3% apresentaram distúrbio de sono. A correlação de sono com resultados do pico de torque mostrou-se baixa em ambos grupos: ETCC anodal ( $\rho=0,386$ ) e ETCC sham ( $\rho=0,265$ ).

### **Efeitos adversos**

Os efeitos adversos relatados pelos indivíduos ( $n=26$ ) após ETCC anodal foram coceira ( $n=5$ ), dor ( $n=2$ ), queimação ( $n=6$ ), calor ( $n=6$ ), beliscão ( $n=2$ ), gosto de metal ( $n=3$ ), fadiga ( $n=7$ ). Após ETCC sham foram coceira ( $n=8$ ), dor ( $n=1$ ), queimação ( $n=5$ ), calor ( $n=4$ ), beliscão ( $n=3$ ), gosto de metal ( $n=2$ ), fadiga ( $n=8$ ).

### **Validação do cegamento**

Quanto a validação de cegamento apenas 6,66% dos indivíduos foram capazes de acertar a estimulação que estavam recebendo, portando a validação de cegamento foi eficaz no presente estudo.

## 6. DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da ETCC ativa na fadiga central e periférica em corredores recreacionais. Observou-se que uma sessão de ETCC aplicada antes de um protocolo de fadiga não modificou os efeitos da fadiga do músculo quadríceps tanto a nível central quanto periférico. Os resultados mostram que a ETCC não modificou pico de torque, resistência à fadiga, PEM, e PSE.

Após um protocolo de fadiga é esperada uma diminuição do pico de torque, pois em tarefas fatigantes essa diminuição ocorre por alterações fisiológicas como alteração na glicose do sangue, concentração de potássio extracelular, produção de hidrogênio, acúmulo de fosfato inorgânico e produção de radicais livres, aumento de temperatura corporal, aumento da percepção subjetiva de esforço que levam à diminuição na contratilidade muscular (17,67). No entanto, nossa hipótese era que a ETCC anodal sobre hotspot do quadríceps poderia minimizar essa perda de força após o protocolo de fadiga, uma vez que a ETCC anodal modula a excitabilidade corticoespinal capaz de induzir facilitação de recrutamento de unidade motora, induzindo a melhora de força muscular por meio de aumento do drive neuronal e diminuição da fadiga supraespinal (8,15,68,69, 70).

O efeito da ETCC sobre o torque muscular foi demonstrado em estudo de Washabaugh *et al.* (71) no qual realizaram uma aplicação de ETCC anodal, em hotspot de extensor de joelho, associada ao exercício físico (CVM isométrico) com estimulação, realizada em duas sessões, antes e durante o exercício físico (grupos randomizados) com aplicação de ETCC anodal e sham alternados por uma semana, os quais apresentou um maior aumento de pico de torque na aplicação com ETCC anodal durante o exercício comparado a aplicação em repouso, porém não apresentou diferença significativa na comparação entre ETCC sham e anodal. No entanto resultados de Giboin e Gruber (72) corroboram com nossos resultados, no qual também não observaram efeitos da ETCC anodal sobre a produção de força extensores de joelho em indivíduos treinados, no entanto o protocolo foi diferente, eles realizaram 6 sessões de estimulação, após tarefa fatigante, dos quais foram divididos em dois experimentos, a qual em experimento 1 a aplicação de ETCC foi durante a tarefa fatigante e experimento 2 foi realizada antes da tarefa.

A resistência à fadiga, avaliada pelo número de contrações musculares até atingir 50% da CVM, foi analisada individualmente. Os resultados mostram que no grupo anodal com indivíduos que treinassem mais que cinco vezes por semana, o lactato 2 aumentou, o mesmo

não ocorreu no grupo sham. Não foi observado diferença entre grupo ETCC anodal e sham. Em estudo de Angius *et al.* (73) foi observado aumento significativo de tempo de falha muscular em cicloergômetro em indivíduos saudáveis com a aplicação de ETCC anodal bilateral e eletrodos opostos em ombro ipsilateral quando comparado a ETCC catodal e sham.

Para a análise de PEM foram desconsiderados os que não atingissem os valores maiores que 50mV nos dias dos procedimentos, a qual o valor considerado abaixo do mínimo é uma variável fisiológica e pode ser considerado como uma inibição em resposta ao protocolo de fadiga. Dessa forma foi necessário excluir 13 indivíduos do grupo ativo (3 pré intervenção e 10 pós intervenção) e 12 indivíduos do grupo sham (3 indivíduos pré intervenção e 9 pós intervenção), portanto a avaliação foi de apenas 20 indivíduos no grupo ETCC anodal e 21 no ETCC sham.

No estudo atual o PEM diminui em ambos os grupos sem diferença significativa entre eles. Essa diminuição é esperada, pois após tarefas fatigantes ocorre diminuição de disparos na estimulação nos motoneurônios, esse mecanismo ainda não está claro, porém uma das hipóteses é que a inibição direta de motoneurônios, inibição pré sináptica do grupo aferente Ia e supraespinhais reduz a resposta do drive descendente (10). Além do que, durante tarefa fatigante em bicicleta, foi observado que o PEM não aumentou em extensores de joelho, aumentando a possibilidade de que há alterações neurais quando a fadiga está instalada (74).

Abdemoula *et al.* (75) verificaram a excitabilidade corticoespinhal após ETCC anodal aplicada em hotspot de bíceps braquial e eletrodo oposto em ombro direito, durante a fadiga neuromuscular de flexores de cotovelo. Como resultado observaram aumento significativo de amplitude de PEM na ETCC ativa em comparação com a sham. Angius *et al* (9) avaliaram o PEM de homens ativos após receberem ETCC anodal aplicada sobre córtex motor esquerdo e catodo em região supraorbital direito comparada a um grupo que recebeu ETCC anodal sobre córtex motor esquerdo e ombro contralateral. Os indivíduos que realizaram teste de exaustão isométrico de extensores de joelho direito antes ou após ETCC com montagem do anodo extracefálico apresentaram aumento do PEM com melhores resultados, os autores sugerem que a montagem extracefálica se faz mais efetiva que a cefálica. Talvez a montagem extracefálica deva ser mais explorada em estudos futuros.

Foi realizado uma análise do nível de lactato em 3 momentos: pré (lactato 1), durante (lactato 2) e após 2 minutos do protocolo de fadiga (lactato 3). O objetivo desta análise se deu pois este ácido é um marcador de índice de fadiga. Nas fibras musculares, o lactato tem papel de proteção durante a fadiga e mantém a excitabilidade muscular durante atividade intensa, pois o lactato aumenta para que não haja queda brusca de trifosfato de

adenosina (ATP) em níveis críticos, evitando-se assim o dano muscular e estado de rigor muscular (27,28). Para esta análise foram excluídos quatro indivíduos de ambos grupos, pois as amostras mostraram-se inadequadas. Foi observado um aumento de lactato significativo durante o protocolo de fadiga (lactato 2) em comparação ao 1 (basal) após receber estimulação ETCC anodal. Sugerindo que o aumento do lactato nos indivíduos que receberam a estimulação ativa apresentassem maior proteção contra a queda brusca de ATP para evitar suas consequências. Resultados semelhantes foram observados por Angius *et al.* (76) após aplicarem ETCC anodal sobre córtex pré-frontal dorsolateral em indivíduos treinados em teste de exaustão em bicicleta. Como resultado verificaram aumento significativo de lactato, ocasionado pela duração do teste de exaustão que foi maior na ETCC anodal.

Coco *et al.* (77) fizeram um experimento com intuito de verificar os efeitos dos altos níveis de lactato na excitabilidade do córtex motor. Para isso foram avaliados os níveis de lactato sanguíneo e excitabilidade cortical com EMT e concluíram que o aumento do lactato não é um causador de fadiga central. Os pesquisadores concluíram que nas duas condições, aumento de lactato induzido por exercício máximo e infusão de solução de lactato, o aumento de lactato estava associado com diminuição de limiar motor, dessa forma apresentando melhora de excitabilidade cortical motora, além do que os autores hipotetizaram que o aumento do lactato e limiar motor podem ser preventivos contra a fadiga. Outro estudo de Moscatelli *et al.* (78) tentou verificar a relação do nível de lactato com a excitabilidade cortical. Para isso eles comparam a relação do lactato com excitabilidade de córtex motor entre indivíduos treinados e não treinados que realizaram atividade extenuante em bicicleta. Os resultados mostraram que houve maior aumento de excitabilidade cortical em indivíduos treinados quando comparados com indivíduos não treinados, porém houve aumento de lactato e excitabilidade cortical em ambos grupos. Parece que o aumento do lactato induz o aumento da excitabilidade cortical, porém não foi possível observar no presente estudo essa relação, pois houve aumento do lactato sem apresentar aumento da excitabilidade cortical.

Em relação à percepção subjetiva de esforço, os resultados do nosso estudo mostraram que os grupos apresentaram aumento da PSE, sem diferença significativa entre eles. Corroborando com nosso estudo Baldari *et al.* (46) compararam os efeitos da ETCC anodal, catodal e sham em área motora (M1) de corredores recreacionais durante teste incremental de rampa, e não observaram efeitos da ETCC sobre a PSE. Diferente de nossos resultados Williams *et al.* (8) observaram melhora da percepção subjetiva de esforço em indivíduos saudáveis após receberem ETCC anodal em hotspot de bíceps braquial e catodo em região

supra orbital esquerda, durante atividade fatigante com contração submáxima sustentada de flexores de cotovelo, com aplicação de ETCC anodal e sham, com intervalo de uma semana.

Como fator limitante de nosso estudo pode-se observar que dos 26 indivíduos avaliados, 20 foram considerados não respondedores à ETCC, após receberem estímulo de 5 minutos e avaliação realizada com EMT. Talvez isso possa ser um motivo por não termos observado diferença entre os grupos em nossos desfechos. Além disso, o fato de serem indivíduos praticantes de atividade física frequente, pode ser que o limiar de excitabilidade deles seja máximo ou a ETCC seja um concorrente no que se trata em melhora da excitabilidade cortical,

Singh *et al* (79) relatam que o exercício aeróbio agudo de membros inferiores pode criar condições favoráveis para a plasticidade em M1 atuando na excitabilidade em outras regiões como a de membros superiores, avaliado com EMT, causando a modulação imediata e sustentada da facilitação intracortical e inibição de musculatura de membros superiores. Nesse estudo indica que o exercício atua na diminuição de inibição de M1, facilitando a indução de plasticidade.

Outros fatores limitantes do estudo foi a heterogeneidade dos indivíduos, pois tinham 6 corredores de 5 km, 8 de 10 km e 12 de 21 km. Além disso, históricos de vida e treinamento eram diferentes. A mesma dificuldade foi relatada por López-Alonso *et al.* (80), a qual observou que há alta variabilidade interindividual na resposta à ETCC explicando a diferença de resultados.

Destaca-se também a dificuldade de aquisição do PEM do músculo quadríceps. Observamos muita dificuldade em atingir um sinal adequado para este músculo, possivelmente por se tratar de uma região mais profunda do córtex cerebral, a qual já foi mencionada em estudos de Groppa *et al.*, (81) e Rossini *et al* (82).

Importante lembrar que a fadiga é multifatorial (67), uma noite mal dormida, muito trabalho nos dias que precederam as avaliações, estresse entre outros fatores.

Efeitos colaterais relatados foram coceira, dor, queimação, calor, gosto de metal, beliscão e fadiga que passaram em alguns minutos após a estimulação, esses dados vão em concordância com estudos prévios (66).

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Uma sessão de ETCC aplicada sobre a área motora cortical do músculo quadríceps não diminuiu ou retardou a fadiga central e periférica em corredores amadores após serem submetidos a um protocolo de fadiga. Porém, estudos ainda não exauriram toda sua complexidade e são necessários mais investigações quanto a esse assunto.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Fuziki, MK. Corrida de rua: Fisiologia, treinamento e lesões. 1.ed. São Paulo: Phorte editora, 2012
- 2) FEDERAÇÃO PAULISTA DE ATLETISMO. **Estatísticas 2017**. Disponível em: <http://www.atletismofpa.org.br/estatistica-2017.html,2860/> Acesso em 14/05/2019
- 3) Fokkema T, Vos R-J de, van Ochten JM, Verhaar JA, Davis IS, Bindels PJ, et al. Preventing running-related injuries using evidence-based online advice: the design of a randomised-controlled trial. *BMJ Open Sport Exerc Med.* junho de 2017;3(1):e000265.
- 4) Kluitenberg B, van Middelkoop M, Diercks RL, Hartgens F, Verhagen E, Smits D-W, et al. The NLstart2run study: health effects of a running promotion program in novice runners, design of a prospective cohort study. *BMC Public Health.* dezembro de 2013;13(1):685.
- 5) Kellis E, Zafeiridis A, Amiridis IG. Muscle Coactivation Before and After the Impact Phase of Running Following Isokinetic Fatigue. *Journal of Athletic Training.* 1º de janeiro de 2011;46(1):11–9.
- 6) Denadai BS, Greco CC, Tufik S, de Mello MT. Effects of high intensity running to fatigue on isokinetic muscular strength in endurance athletes. *IES.* 19 de novembro de 2007;15(4):281–5.
- 7) Ascensão A, Magalhães J, Oliveira J, Duarte J, Soares J. Fisiologia da fadiga muscular. Delimitação conceptual, modelos de estudo e mecanismos de fadiga de origem central e periférica. 2003.
- 8) Williams PS, Hoffman RL, Clark BC. Preliminary Evidence That Anodal Transcranial Direct Current Stimulation Enhances Time to Task Failure of a Sustained Submaximal Contraction. Hug F, organizador. *PLoS ONE.* 9 de dezembro de 2013;8(12):e81418.
- 9) Angius L, Pageaux B, Hopker J, Marcora SM, Mauger AR. Transcranial direct current stimulation improves isometric time to exhaustion of the knee extensors. *Neuroscience.* dezembro de 2016;339:363–75.
- 10) Taylor JL, Amann M, Duchateau J, Meeusen R, Rice CL. Neural Contributions to Muscle Fatigue: From the Brain to the Muscle and Back Again. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* novembro de 2016;48(11):2294–306.

- 11) Silva BARS, Martinez FG, Pacheco AM, Pacheco I. Efeitos da fadiga muscular induzida por exercícios no tempo de reação muscular dos fibulares em indivíduos saudáveis. *Rev Bras Med Esporte*. abril de 2006;12(2):85–9.
- 12) Vitor-Costa M, Pereira LA, Montenegro RA, Okano AH, Altimari LR. A estimulação transcraniana por corrente contínua como recurso ergogênico: uma nova perspectiva no meio esportivo. *R Educ Fís UEM*. 28 de julho de 2012;23(2):167–74.
- 13) Gandevia SC. Spinal and Supraspinal Factors in Human Muscle Fatigue. *Physiological Reviews*. 10 de janeiro de 2001;81(4):1725–89.
- 14) Cogiamanian F, Marceglia S, Ardolino G, Barbieri S, Priori A. Improved isometric force endurance after transcranial direct current stimulation over the human motor cortical areas: tDCS and muscle endurance. *European Journal of Neuroscience*. 3 de julho de 2007;26(1):242–9.
- 15) Vitor-Costa M, Okuno NM, Bortolotti H, Bertollo M, Boggio PS, Fregni F, et al. Improving Cycling Performance: Transcranial Direct Current Stimulation Increases Time to Exhaustion in Cycling. Antal A, organizador. *PLoS ONE*. 16 de dezembro de 2015;10(12):e0144916.
- 16) Sasada S, Endoh T, Ishii T, Komiyama T. Polarity-dependent improvement of maximal-effort sprint cycling performance by direct current stimulation of the central nervous system. *Neuroscience Letters*. setembro de 2017;657:97–101.
- 17) Schlickmann J, Caputo F. Etiologia da fadiga muscular e ação dos alcaloides. *RBNE-Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*. 2012;6(31).
- 18) Temesi J, Rupp T, Martin V, Arnal PJ, Féasson L, Verges S, et al. Central Fatigue Assessed by Transcranial Magnetic Stimulation in Ultratrail Running: *Medicine & Science in Sports & Exercise*. junho de 2014;46(6):1166–75.
- 19) Marcora SM, Staiano W. The limit to exercise tolerance in humans: mind over muscle? *Eur J Appl Physiol*. julho de 2010;109(4):763–70.
- 20) Mikkola J, Rusko H, Nummela A, Pollari T, Häkkinen K. Concurrent Endurance and Explosive Type Strength Training Improves Neuromuscular and Anaerobic Characteristics in Young Distance Runners. *Int J Sports Med*. julho de 2007;28(7):602–11.
- 21) Storen O, Helgerud J, Stoa EM, Hoff J. Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Medicine and science in sports and exercise*. 2008;40(6):1087



- 22) Doma K, Deakin GB. The acute effects intensity and volume of strength training on running performance. *European Journal of Sport Science*. 17 de fevereiro de 2014;14(2):107–15.
- 23) Farrell M, Richards JG. Analysis of the reliability and validity of the kinetic communicator exercise device. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1986;18(1):44–49.
- 24) Gladden LB. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium: Lactate metabolism. *The Journal of Physiology*. julho de 2004;558(1):5–30.
- 25) Mcardle, W.D.; Katch, F.I.; Katch, V.L. *Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano*. 8.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.
- 26) Souza KM de, Vieira G, Baldi MF, Guglielmo LGA, Lucas RD de, Denadai BS. Variáveis fisiológicas e neuromusculares associadas com a performance aeróbia em corredores de endurance: efeitos da distância da prova. *Rev Bras Med Esporte*. fevereiro de 2011;17(1):40–4.
- 27) Nielsen OB, Paoli F, Overgaard K. Protective effects of lactic acid on force production in rat skeletal muscle. *The Journal of Physiology*. outubro de 2001;536(1):161–6.
- 28) Pedersen TH. Intracellular Acidosis Enhances the Excitability of Working Muscle. *Science*. 20 de agosto de 2004;305(5687):1144–7.
- 29) Lamb GD, Stephenson DG. Point:Counterpoint: Lactic acid accumulation is an advantage/disadvantage during muscle activity. *Journal of Applied Physiology*. abril de 2006;100(4):1410–2.
- 30) Gruet M, Temesi J, Rupp T, Levy P, Millet GY, Verges S. Stimulation of the motor cortex and corticospinal tract to assess human muscle fatigue. *Neuroscience*. fevereiro de 2013;231:384–99.
- 31) Todd G, Taylor JL, Gandevia SC. Measurement of voluntary activation of fresh and fatigued human muscles using transcranial magnetic stimulation. *The Journal of Physiology*. setembro de 2003;551(2):661–71.
- 32) Flood A, Waddington G, Keegan RJ, Thompson KG, Cathcart S. The effects of elevated pain inhibition on endurance exercise performance. *PeerJ*. 2 de março de 2017;5:e3028.
- 33) Borg G, Hassmén P, Lagerström M. Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *Europ J Appl Physiol*. setembro de 1987;56(6):679–85.

- 34) Colzato LS, Nitsche MA, Kibele A. Noninvasive Brain Stimulation and Neural Entrainment Enhance Athletic Performance—a Review. *J Cogn Enhanc*. março de 2017;1(1):73–9.
- 35) Angius L, Hopker J, Mauger AR. The Ergogenic Effects of Transcranial Direct Current Stimulation on Exercise Performance. *Front Physiol* [Internet]. 14 de fevereiro de 2017 [citado 19 de fevereiro de 2021];8. Disponível em: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2017.00090/full>
- 36) Nitsche MA, Paulus W. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. *The Journal of Physiology*. setembro de 2000;527(3):633–9.
- 37) Nitsche MA, Paulus W. Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans. *Neurology*. 27 de novembro de 2001;57(10):1899–901.
- 38) Nitsche MA, Cohen LG, Wassermann EM, Priori A, Lang N, Antal A, et al. Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008. *Brain Stimulation*. julho de 2008;1(3):206–23.
- 39) Stagg CJ, Nitsche MA. Physiological Basis of Transcranial Direct Current Stimulation. *Neuroscientist*. fevereiro de 2011;17(1):37–53.
- 40) Morya E, Monte-Silva K, Bikson M, Esmailpour Z, Biazoli CE, Fonseca A, et al. Beyond the target area: an integrative view of tDCS-induced motor cortex modulation in patients and athletes. *J NeuroEngineering Rehabil*. dezembro de 2019;16(1):141.
- 41) Nitsche MA, Liebetanz D, Antal A, Lang N, Tergau F, Paulus W. Chapter 27 Modulation of cortical excitability by weak direct current stimulation – technical, safety and functional aspects. In: *Supplements to Clinical Neurophysiology* [Internet]. Elsevier; 2003 [citado 19 de fevereiro de 2021]. p. 255–76. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1567424X09702302>
- 42) Huang Y, Thomas C, Datta A, Parra LC. Optimized tDCS for Targeting Multiple Brain Regions: An Integrated Implementation. In: *2018 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)* [Internet]. Honolulu, HI: IEEE; 2018 [citado 19 de fevereiro de 2021]. p. 3545–8. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8513034/>
- 43) Bachtiar V, Johnstone A, Berrington A, Lemke C, Johansen-Berg H, Emir U, et al. Modulating Regional Motor Cortical Excitability with Noninvasive Brain Stimulation

- Results in Neurochemical Changes in Bilateral Motor Cortices. *J Neurosci*. 15 de agosto de 2018;38(33):7327–36.
- 44) Baldari C, Buzzachera CF, Vitor-Costa M, Gabardo JM, Bernardes AG, Altimari LR, et al. Effects of Transcranial Direct Current Stimulation on Psychophysiological Responses to Maximal Incremental Exercise Test in Recreational Endurance Runners. *Front Psychol*. 9 de outubro de 2018;9:1867.
- 45) Workman CD, Kamholz J, Rudroff T. Increased leg muscle fatigability during 2 mA and 4 mA transcranial direct current stimulation over the left motor cortex. *Exp Brain Res*. fevereiro de 2020;238(2):333–43.
- 46) Bastani A, Jaberzadeh S. a-tDCS Differential Modulation of Corticospinal Excitability: The Effects of Electrode Size. *Brain Stimulation*. novembro de 2013;6(6):932–7.
- 47) Bikson M, Datta A, Elwassif M. Establishing safety limits for transcranial direct current stimulation. *Clinical Neurophysiology*. junho de 2009;120(6):1033–4.
- 48) Brunoni AR, Amadera J, Berbel B, Volz MS, Rizzerio BG, Fregni F. A systematic review on reporting and assessment of adverse effects associated with transcranial direct current stimulation. *International Journal of Neuropsychopharmacology*. setembro de 2011;14(8):1133–45.
- 49) Barwood MJ, Butterworth J, Goodall S, House JR, Laws R, Nowicky A, et al. The Effects of Direct Current Stimulation on Exercise Performance, Pacing and Perception in Temperate and Hot Environments. *Brain Stimulation*. novembro de 2016;9(6):842–9.
- 50) Okano AH, Montenegro RA, Farinatti P de TV, Li LM, Brunoni AR, Fontes EB. Estimulação cerebral na promoção da saúde e melhoria do desempenho físico. *Rev bras educ fís esporte*. junho de 2013;27(2):315–32.
- 51) Sales MM, De Sousa CV, Browne RAV, Fontes EB, Olher RDRV, Ernesto C. improves muscle isokinetic performance of young trained individuals. *Med Sport*. 2016;69:163–72.
- 52) Borducchi DMM, Gomes JS, Akiba H, Cordeiro Q, Borducchi JHM, Valentin LSS, et al. Transcranial Direct Current Stimulation Effects on Athletes' Cognitive Performance: An Exploratory Proof of Concept Trial. *Front Psychiatry* [Internet]. 30 de novembro de 2016 [citado 19 de fevereiro de 2021];7. Disponível em: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpsy.2016.00183/full>

- 53) Park S-B, Sung DJ, Kim B, Kim S, Han J-K. Transcranial Direct Current Stimulation of motor cortex enhances running performance. Tremblay F, organizador. PLoS ONE. 22 de fevereiro de 2019;14(2):e0211902.
- 54) Cabral ME, Baltar A, Borba R, Galvão S, Santos L, Fregni F, et al. Transcranial direct current stimulation: before, during, or after motor training? NeuroReport. 5 de agosto de 2015;26(11):618–22.
- 55) Angius L, Hopker JG, Marcora SM, Mauger AR. The effect of transcranial direct current stimulation of the motor cortex on exercise-induced pain. Eur J Appl Physiol. novembro de 2015;115(11):2311–9.
- 56) Montenegro R, Okano A, Gurgel J, Porto F, Cunha F, Massafferri R, et al. Motor cortex tDCS does not improve strength performance in healthy subjects. Motriz: rev educ fis. junho de 2015;21(2):185–93.
- 57) Edwards DJ, Cortes M, Wortman-Jutt S, Putrino D, Bikson M, Thickbroom G, et al. Transcranial Direct Current Stimulation and Sports Performance. Front Hum Neurosci. 10 de maio de 2017;11:243.
- 58) McArdle, W.D.; Katch, F.I.; Katch, V.L. Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano. 8.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.
- 59) Schwendner K, Mikesky A, Wigglesworth J, Burr D. Recovery of Dynamic Muscle Function Following Isokinetic Fatigue Testing. Int J Sports Med. abril de 1995;16(03):185–9.
- 60) Weltman A, Snead D, Seip R, Schurrer R, Levine S, Rutt R, et al. Prediction of Lactate Threshold and Fixed Blood Lactate Concentrations from 3200-m Running Performance in Male Runners. Int J Sports Med. dezembro de 1987;08(06):401–6.
- 61) Ghorayeb N, Costa RV, Castro I, Daher DJ, Oliveira Filho JA, Oliveira MA, et al. Sociedade Brasileira de Cardiologia. Guidelines on exercise and sports cardiology from the Brazilian Society of Cardiology and the Brazilian Society of Sports Medicine. Arq Bras Cardiol. 2013;100:1-41.
- 62) Borg G, Hassmén P, Lagerström M. Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. Europ J Appl Physiol. setembro de 1987;56(6):679–85.
- 63) Cifrek M., Medved V., Tonković S., Ostojić S. Surface EMG baseado em avaliação da fadiga muscular em biomecânica. *Biomecânica Clínica*. 2009;24:327-340

- 64) Buysse DJ, Reynolds CF, Monk TH, Berman SR, Kupfer DJ. The Pittsburgh sleep quality index: A new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Research*. maio de 1989;28(2):193–213.
- 65) Bertolazi AN, Fagondes SC, Hoff LS, Dartora EG, da Silva Miozzo IC, de Barba MEF, et al. Validation of the Brazilian Portuguese version of the Pittsburgh Sleep Quality Index. *Sleep Medicine*. janeiro de 2011;12(1):70–5.
- 66) Fertonani A, Ferrari C, Miniussi C. What do you feel if I apply transcranial electric stimulation? Safety, sensations and secondary induced effects. *Clinical Neurophysiology*. novembro de 2015;126(11):2181–8.
- 67) Enoka RM, Duchateau J. Translating Fatigue to Human Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. novembro de 2016;48(11):2228–38.
- 68) Tanaka S, Hanakawa T, Honda M, Watanabe K. Enhancement of pinch force in the lower leg by anodal transcranial direct current stimulation. *Exp Brain Res*. julho de 2009;196(3):459–65.
- 69) Oki K, Mahato NK, Nakazawa M, Amano S, France CR, Russ DW, et al. Preliminary Evidence That Excitatory Transcranial Direct Current Stimulation Extends Time to Task Failure of a Sustained, Submaximal Muscular Contraction in Older Adults. *GERONA*. agosto de 2016;71(8):1109–12.
- 70) Krishnan C, Ranganathan R, Kantak SS, Dhaher YY, Rymer WZ. Anodal Transcranial Direct Current Stimulation Alters Elbow Flexor Muscle Recruitment Strategies. *Brain Stimulation*. maio de 2014;7(3):443–50.
- 71) Washabaugh EP, Santos L, Claflin ES, Krishnan C. Low-level intermittent quadriceps activity during transcranial direct current stimulation facilitates knee extensor force-generating capacity. *Neuroscience*. agosto de 2016;329:93–7.
- 72) Giboin L-S, Gruber M. Anodal and cathodal transcranial direct current stimulation can decrease force output of knee extensors during an intermittent MVC fatiguing task in young healthy male participants. *J Neuro Res*. setembro de 2018;96(9):1600–9.
- 73) Angius L, Pascual-Leone A, Santarnecchi E. Brain stimulation and physical performance. In: *Progress in Brain Research* [Internet]. Elsevier; 2018 [citado 19 de fevereiro de 2021]. p. 317–39. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0079612318300712>
- 74) Sidhu SK, Cresswell AG, Carroll TJ. Motor cortex excitability does not increase during sustained cycling exercise to volitional exhaustion. *Journal of Applied Physiology*. 1º de agosto de 2012;113(3):401–9.

- 75) Abdelmoula A, Baudry S, Duchateau J. Anodal transcranial direct current stimulation enhances time to task failure of a submaximal contraction of elbow flexors without changing corticospinal excitability. *Neuroscience*. maio de 2016;322:94–103.
- 76) Angius L, Santarnecchi E, Pascual-Leone A, Marcora SM. Transcranial Direct Current Stimulation over the Left Dorsolateral Prefrontal Cortex Improves Inhibitory Control and Endurance Performance in Healthy Individuals. *Neuroscience*. novembro de 2019;419:34–45.
- 77) Coco M, Alagona G, Rapisarda G, Costanzo E, Calogero RA, Perciavalle V, et al. Elevated blood lactate is associated with increased motor cortex excitability. *Somatosensory & Motor Research*. janeiro de 2010;27(1):1–8.
- 78) Moscatelli F, Valenzano A, Petito A, Triggiani AI, Ciliberti MAP, Luongo L, et al. Relationship between blood lactate and cortical excitability between taekwondo athletes and non-athletes after hand-grip exercise. *Somatosensory & Motor Research*. 2 de abril de 2016;33(2):137–44.
- 79) Singh AM, Duncan RE, Neva JL, Staines WR. Aerobic exercise modulates intracortical inhibition and facilitation in a nonexercised upper limb muscle. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. dezembro de 2014;6(1):23.
- 80) López-Alonso V, Fernández-del-Olmo M, Costantini A, Gonzalez-Henriquez JJ, Cheeran B. Intra-individual variability in the response to anodal transcranial direct current stimulation. *Clinical Neurophysiology*. dezembro de 2015;126(12):2342–7.
- 81) Groppa S, Oliviero A, Eisen A, Quartarone A, Cohen LG, Mall V, et al. A practical guide to diagnostic transcranial magnetic stimulation: Report of an IFCN committee. *Clinical Neurophysiology*. maio de 2012;123(5):858–82.
- 82) Rossini PM, Burke D, Chen R, Cohen LG, Daskalakis Z, Di Iorio R, et al. Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord, roots and peripheral nerves: Basic principles and procedures for routine clinical and research application. An updated report from an I.F.C.N. Committee. *Clinical Neurophysiology*. junho de 2015;126(6):1071–107.

## 9. APÊNDICES

### APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

TCLE - Termo de Consentimento livre e esclarecido para Participação em Pesquisa  
Clínica:

Nome do participante: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Telefone para contato: \_\_\_\_\_ Cidade: \_\_\_\_\_ CEP: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

As Informações contidas neste prontuário foram fornecidas pela aluna, **Laura Y. Uehara**, mestrandia em ciências da reabilitação da Universidade Nove de Julho - UNINOVE, objetivando firmar acordo escrito mediante o qual, a participante da pesquisa autoriza sua participação com pleno conhecimento da natureza dos procedimentos e riscos a que se submeterá, com a capacidade de livre arbítrio e sem qualquer coação.

**1. Título do Trabalho Experimental:** Efeitos da Estimulação Transcraniana por corrente contínua - ETCC (estimulação elétrica sobre o couro cabeludo) sobre a fadiga (cansaço) muscular da perna em corredores.

**2. Objetivo:** O objetivo desse estudo é verificar o efeito da Estimulação Transcraniana por corrente contínua (estimulação elétrica sobre o couro cabeludo) sobre a fadiga (cansaço) muscular na perna dominante em corredores através de teste de força em dinamômetro isocinético (aparelho que mede a força do músculo).

**3. Justificativa:** Em atletas amadores e profissionais há uma grande procura por melhora de desempenho esportivo e melhora da fadiga (cansaço) muscular, por esse motivo avaliar se a ETCC (estimulação elétrica na cabeça) é capaz de diminuir a fadiga muscular pode ser uma ferramenta capaz de melhorar o desempenho, sem efeitos colaterais.

**4. Procedimentos da Fase Experimental:**

Você está sendo convidado a participar de um estudo, que terá início após aprovação do Comitê de Ética, com três encontros, um por semana.

No primeiro encontro será aplicado um questionário com dados pessoais como idade, dados antropométricos (peso, altura) e dados de atividade física (aproximadamente 10 minutos), em seguida será realizado um teste chamado Ergoespirometria para quantificar a sua aptidão física, para isso você deverá correr em uma esteira, utilizando eletrodos adesivos e descartáveis no peito e uma máscara no rosto conectados a um computador (20 a 50 minutos, dependendo de cada indivíduo). Para realizar este teste você deverá apresentar uma liberação médica por escrito.

No segundo dia, avaliaremos a excitabilidade do córtex cerebral (superfície externa do cérebro), e assim conseguiremos descobrir o local exato do músculo quadríceps (músculo da perna) que utilizaremos para testar a fadiga e também conseguiremos avaliar a fadiga central (cérebro). Esta avaliação não é invasiva (não penetra no corpo) e será realizada por meio de um equipamento chamado Estimulação Transcraniana Magnética (ETM), por um dos pesquisadores o qual é habilitado para o manuseio deste equipamento. Neste exame você permanecerá sentado e aproximaremos o equipamento da sua cabeça. Ele emitirá 20 pulsos únicos, e você perceberá por meio de um barulho pequeno e sentirá seu músculo da perna contrair. Este exame é indolor (tempo estimado 15 minutos). Em seguida será coletada uma gota de sangue, com uma pequena picada no dedo indicador, com material descartável, para análise de lactato (substância presente no sangue que mede fadiga) e iniciaremos a avaliação da força do músculo quadríceps (músculo da coxa) com aparelho chamado Dinamômetro Isocinético, você sentará nele e será solicitado que estique o joelho e mantenha por dez segundos e repita mais duas vezes, tempo aproximado de 10 minutos, logo após será aplicada a ETCC (estimulação elétrica com eletrodos sobre o couro cabeludo) no local exato do músculo da perna localizado no cérebro, durante 20 minutos. Terminado o estímulo com ETCC iniciaremos a avaliação da fadiga muscular, para isso você continuará sentado no dinamômetro e deverá realizar contrações da musculatura da coxa (fazendo o máximo de força para dobrar e esticar o joelho) até o músculo fadigar (cansar), isso não leva mais que 10 minutos, repetiremos a análise de lactato do sangue durante estas contrações. Ao término desta avaliação repetiremos a avaliação da excitabilidade cortical com EMT e força de contração do músculo no equipamento dinamômetro isocinético (tempo estimado de 15 minutos) e a análise de lactato (substância presente no sangue).

O terceiro encontro ocorrerá após intervalo de uma semana. Todos os procedimentos do segundo encontro serão repetidos.



**5. Desconforto ou Riscos Esperados:** O questionário será aplicado ao indivíduo pelo pesquisador em ambiente fechado para evitar constrangimento. Poderão estar presente durante a aplicação do mesmo apenas os envolvidos na pesquisa.

O uso da estimulação transcraniana por corrente contínua (estimulação elétrica aplicada sobre o couro cabeludo) não acarreta estímulos dolorosos e não te causarão danos, mas você poderá apresentar sensação de coceira, dor de cabeça e ardência logo abaixo do eletrodo e ao término poderá ficar com o local em que o eletrodo foi colocado um pouco avermelhado. Não existe risco de queimaduras, desde que sejam tomados os devidos cuidados que são: utilizar esponja umedecida (molhada) em soro fisiológico ao redor do eletrodo. Será observado se o local onde será aplicado não tem lesões. O pesquisador tem treinamento para estes cuidados.

Para o teste de ergoespirometria (corrida em esteira) há a possibilidade da pessoa passar mal por falta de alimentação, porém será orientado previamente para que faça alimentação adequada para a realização do mesmo. Como a avaliação será realizada em indivíduos corredores, eles estão habituados a esta atividade, no entanto, uma liberação médica para o teste será solicitada previamente. Aqueles que não apresentarem esta liberação não poderão participar da pesquisa.

Para a coleta de lactato, o voluntário sentirá uma picada no indicador da mão e pode haver hematoma. O material utilizado será descartável.

Para o teste de força muscular e fadiga no dinamômetro isocinético, o voluntário poderá sentir um desconforto causado pelo cansaço muscular e dor muscular após o término, porém não é uma avaliação que pode causar lesões. Estes sintomas de dor são esperados pelo próprio esforço que deverá fazer. Mas caso o sintoma persista por mais tempo (3 dias ou mais), normalmente esperado, será encaminhado para avaliação médica.

Para o teste de fadiga central na Eletroestimulação Transcraniana Magnética, não acarretará lesão cerebral. Não apresenta efeitos adversos graves. Poderá apresentar cefaleia transitória (dor de cabeça), dor facial (face) ou cervical (pescoço), alterações transitórias da audição e desconforto sem prejuízo cognitivo.

Você tem a garantia de que receberá respostas sobre qualquer dúvida, pergunta e/ou esclarecimento quanto aos procedimentos, riscos, benefícios e outros assuntos relacionados com a pesquisa. Também a pesquisadora supracitada assume o compromisso de proporcionar informação atualizada obtida durante o estudo, ainda que esta possa afetar a sua vontade em continuar participando.

**6. Medidas protetivas aos riscos:** Os indivíduos da pesquisa serão acompanhados por uma fisioterapeuta com formação adequada para estas avaliações. Estarão presentes mais dois estudantes de fisioterapia que acompanharão de perto todas as avaliações, evitando eventuais intercorrências que vierem a surgir no decorrer da pesquisa, tais como quedas, por exemplo. Será solicitado ao participante que apresente um atestado de liberação médica para participar desse estudo.

**7. Benefícios da Pesquisa:** Através dos resultados das avaliações espera-se verificar se a Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (estimulação no couro cabeluda) postergará (atrasará) o início da fadiga (cansaço) muscular na perna direita ou esquerda, perna dominante, em corredores. As avaliações, realizadas nesse estudo, poderão ser úteis a outros profissionais da saúde que acompanhem o indivíduo, auxiliando na prescrição de treinamento e/ou tratamento.

**8. Métodos Alternativos Existentes:** Existem outros métodos alternativos que utilizam medicamentos utilizados para o mesmo objetivo.

**9. Retirada do Consentimento:** Você tem a liberdade para deixar a qualquer momento a pesquisa, seja qual for o motivo, sem que ocorra nenhum prejuízo ao mesmo.

**10. Garantia do Sigilo:** Todos os dados coletados nesse estudo são confidenciais aos pesquisadores, garantindo sua privacidade.

**11. Formas de Ressarcimento das Despesas decorrentes da Participação na Pesquisa:** Não será cobrado e nem pago valor econômico para participar desse estudo, que será realizado na Universidade Nove de Julho (UNINOVE), Campus Vergueiro, localizado na Rua Vergueiro, 235/249 – 2º subsolo, Liberdade - São Paulo – SP e Universidade Federal do ABC (UFABC), localizado na Alameda da Universidade, s/n – São Bernardo do Campo – SP.

**12. Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)** é um colegiado interdisciplinar e independente, que deve existir nas instituições que realizam pesquisas envolvendo seres humanos no Brasil, criado para defender os interesses dos participantes de pesquisas em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento das pesquisas dentro dos padrões éticos (Normas e Diretrizes Regulamentadoras da Pesquisa envolvendo Seres Humanos – Res. CNS

nº 466/12 e Res. CNS 510/2016). O Comitê de Ética é responsável pela avaliação e acompanhamento dos protocolos de pesquisa no que corresponde aos aspectos éticos. Endereço do Comitê de Ética da Uninove: Rua. Vergueiro nº 235/249 – 12º andar - Liberdade – São Paulo – SP CEP. 01504-001 Fone: 3385-9010 [comitedeetica@uninove.br](mailto:comitedeetica@uninove.br). Horários de atendimento do Comitê de Ética: segunda-feira a sexta-feira – Das 11h30 às 13h00 e Das 15h30 às 19h00.

**13. Nome Completo e telefones dos Pesquisadores para Contato:** Prof. Dra. Fernanda Ishida (11) 97344-0380, Aluna– fisioterapeuta: Laura Uehara - (11) 99503-2319

**14.** Eventuais intercorrências que vierem a surgir no decorrer da pesquisa poderão ser discutidas pelos meios próprios.

São Paulo, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2019.

**15. Consentimento Pós-Informação:**

Eu, \_\_\_\_\_, após leitura e compreensão deste termo de informação e consentimento, entendo que minha participação é voluntária, e que posso sair a qualquer momento do estudo, sem prejuízo algum. Confirmando que recebi uma via deste termo de consentimento, e autorizo a realização do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos somente neste estudo no meio científico.

---

Assinatura do Participante

(Todas as folhas devem ser rubricadas pelo participante da pesquisa)

**16.** Eu, \_\_\_\_\_ (Pesquisador do responsável desta pesquisa), certifico que:

- a) Considerando que a ética em pesquisa implica o respeito pela dignidade humana e a proteção devida aos participantes das pesquisas científicas envolvendo seres humanos;
- b) Este estudo tem mérito científico e a equipe de profissionais devidamente citados neste termo é treinada, capacitada e competente para executar os procedimentos descritos neste termo;

---

LAURA Y. UEHARA

## APÊNDICE B – CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

### FICHA DE TRIAGEM

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Telefones: \_\_\_\_\_

Data de Nascimento: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_ Naturalidade: \_\_\_\_\_

Estado civil: \_\_\_\_\_ Escolaridade: \_\_\_\_\_

Medicamentos em uso (inclusive anticoncepcional, depressão e  $\beta$ -Bloqueadores).

MARQUE A ALTERNATIVA CORRESPONDENTE		
ITEM	Sim	Não
Adulto (idade entre 25 e 50 anos)		
Pratica corrida de 5 a 10 Km por pelo menos 3x/semana por pelo menos seis meses?		
Apresenta lesão do Sistema Músculo Esquelético de membros inferiores		
Faz uso de drogas de ação central (antihistamínico, anti-depressivo, anti-epilético)		
Gestante		
Apresenta marcapasso ou qualquer implante metálico na cabeça		
Apresenta problemas cardíacos graves		
Contraindicações ao uso da ETCC (histórico de convulsão recorrente, tumores no local da estimulação e materiais metálicos implantados no encéfalo).		

## APÊNDICE C – FICHA DE AVALIAÇÃO

### FICHA DE AVALIAÇÃO

DATA: \_\_\_\_\_

CÓDIGO: \_\_\_\_\_

#### 1) DADOS DEMOGRÁFICOS:

Nome: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Telefones: \_\_\_\_\_

Data de Nascimento: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_ Naturalidade: \_\_\_\_\_

#### 2) DADOS CLÍNICOS:

##### **EXAME FÍSICO**

Peso: \_\_\_\_\_ Altura: \_\_\_\_\_ IMC: \_\_\_\_\_

PA repouso: \_\_\_\_\_ FC repouso: \_\_\_\_\_

##### **PRÁTICA ESPORTIVA**

Qual a frequência de treinamento? \_\_\_\_\_

Quanto tempo pratica corrida? \_\_\_\_\_

Qual o tempo que percorre 5 e/ou 10 km? \_\_\_\_\_

Qual o seu *pace* médio (tempo percorrido por km)? \_\_\_\_\_

Qual o melhor tempo em prova de corrida? \_\_\_\_\_

Quanto é o seu volume semanal de treinamento? \_\_\_\_\_

Descreva o seu treinamento semanal: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Pratica alguma outra atividade física? Qual? \_\_\_\_\_

Faz consumo de algum suplemento alimentar? Qual? \_\_\_\_\_

Teve alguma história de lesão, fratura ou cirurgia que impediu praticar a corrida? Qual (is)?

\_\_\_\_\_ Quando? \_\_\_\_\_

Se sim, fez tratamento para reabilitação? Quais? Por quanto tempo?

\_\_\_\_\_

Liberação médica para participar do estudo: ( ) Sim ( ) Não

<b>Ergoespirometria</b>	
<b>Tempo total do exercício</b>	
<b>Consumo máximo de oxigênio</b>	
<b>VO<sub>2</sub>max</b>	
<b>Dinamômetro Isocinético</b>	Músculo quadríceps femural
<b>Dia 1: pico de torque de CM (inicial)</b>	
<b>Dia 1: contrações musculares (protocolo de fadiga)</b>	
<b>Dia 1: pico de torque de CM (final)</b>	
<b>Dia 2: pico de torque de CM (inicial)</b>	
<b>Dia 2: contrações musculares (protocolo de fadiga)</b>	
<b>Dia 2: pico de torque de CM (final)</b>	
<b>Percepção Subjetiva de Esforço</b>	
<b>Isocinético I (durante)</b>	
<b>Isocinético II (durante)</b>	
<b>Lactato</b>	
<b>Lactato 1 (pré) (dia 1)</b>	
<b>Lactato 2 (durante) (dia 1)</b>	
<b>Lactato 3 (pós) (dia 1)</b>	
<b>Lactato 1 (pré)(dia 2)</b>	
<b>Lactato 2 (durante) (dia 2)</b>	
<b>Lactato 3 (pós) (dia 2)</b>	

## APÊNDICE D – ACEITE DE PUBLICAÇÃO E ARTIGO DE PROTOCOLO



Feb 05 2021 01:02PM

RE: AJPMR-D-20-00669R1, entitled "EFFECTS OF TRANSCRANIAL DIRECT CURRENT STIMULATION ON MUSCLE FATIGUE IN RECREATIONAL RUNNERS – RANDOMISED, SHAM-CONTROLLED, TRIPLE-BLIND, CROSS-OVER STUDY – PROTOCOL STUDY"

Dear Dr. Uehara,

I am pleased to inform you that your manuscript has now been accepted for publication in *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*.

EFFECTS OF TRANSCRANIAL DIRECT CURRENT STIMULATION ON  
MUSCLE FATIGUE IN RECREATIONAL RUNNERS – RANDOMISED, SHAM-  
CONTROLLED, TRIPLE-BLIND, CROSS-OVER STUDY – PROTOCOL STUDY

Laura Uehara<sup>1</sup>, Daniel Boari Coelho, PhD<sup>2</sup>, Ernesto Cesar Pinto Leal-Junior, PhD<sup>1</sup>, Paulo Roberto Vicente de Paiva, MS<sup>1</sup>, Abrahão Fontes Batista, PhD<sup>2</sup>, Rafael Jardim Duarte Moreira, MS<sup>2</sup>, Maria Helena Faria Coura<sup>1</sup>, Alexandre Hideki Okano, PhD<sup>2</sup>, João Carlos Ferrari Corrêa, PhD<sup>1</sup>, Fernanda Ishida Corrêa, PhD<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Nove de Julho – UNINOVE - Rua: Vergueiro, 235/249 Liberdade - São Paulo-SP – Brazil.

<sup>2</sup> Universidade Federal do ABC – UFABC – Alameda da Universidade s/n, bloco ômega, São Bernardo do Campo – São Paulo – SP, Brazil.

\* Address for correspondence: Fernanda Ishida Côrrea, PhD – Avenida Doutor Adolpho Pinto, 109 – Barra Funda – São Paulo 01156-050, Brazil. Telephone: +5511973440380.E-mail: [fecorrea@uninove.br](mailto:fecorrea@uninove.br).

Author Disclosures: As an author of this manuscript, I understand this submitted paper and its content. It has not been previously published and is not under simultaneous consideration by another journal. I certify that I have made substantial contributions to the content of the manuscript and I have given final approval of the submitted manuscript. Funding was provided by the Brazilian fostering agency *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de*

*Nível Superior* (CAPES) [Coordination for the Advancement of Higher Education Personnel]) and Nove de Julho University. The funders had no role in the study design, data collection and analysis, the decision to publish or the preparation of the manuscript. The authors have no conflicts of interest.

### **Abstract**

**Objective:** Evaluate the effects of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on central and peripheral fatigue in recreational runners. **Methodology:** A clinical randomized, sham-controlled, triple-blind, cross-over study. There will be 20 adult runners who will be randomized on the first day of the intervention to receive active or sham tDCS before fatigue protocol. After one week, the participants will receive the opposite therapy to the one that they received on the first day. **Intervention:** The tDCS, 2 mA, will be applied for 20 minutes over the motor cortex. The fatigue protocol will be performed after tDCS, in which the participant should perform concentric knee flexion/ extension contractions until reaching three contractions at only 50% of maximum voluntary contraction. **Evaluations:** Central fatigue will be evaluated with the motor evoked potential of the quadriceps muscle; peripheral fatigue with the peak torque (N.m) using an isokinetic dynamometer; the electrical activity of the quadriceps muscle using surface electromyography (Hz); blood lactate level (mmol/L); and the subjective perception of effort (Borg scale). All evaluations will be repeated pre and post the interventions. **Conclusion:** This study will evaluate the effect of tDCS on fatigue in runners, possibly determining an application protocol for this population.

**Keywords:** Running, Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS), Fatigue, Performance.

- What is known: tDCS is a neuromodulation tool that has been used in research to improve performance as well as central and peripheral fatigue in athletes with promising effects.
- What is new: The use of tDCS has not been investigated with regards to its effect on central and peripheral fatigue in recreational runners.



## **Introduction**

The practice of recreational running has increased and this phenomenon has led to a development in the number of musculoskeletal injuries in athletes, one of the reasons of injuries in running is muscle fatigue. Muscle fatigue can be of central or peripheral origin<sup>1</sup>.

Peripheral fatigue is defined as the inability of a muscle to generate maximum strength after a long period of activity. On the other hand, central fatigue occurs when the nervous system fails to produce muscle strength, especially during strenuous physical activities<sup>2-5</sup>.

Thus, studies<sup>4,6-9</sup> have investigated the effects of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) applied over the cerebral cortex in athletes to verify its effects on sports performance. As a result, they observed promising effects of this technique such as reducing muscle fatigue, modulating the autonomic nervous system, increasing tolerance and faster recovery from exercise.

These effects may be possible because the tDCS can induce an increase or decrease in the resting threshold of the neuronal membrane. Thereby increasing or decreasing the cerebral cortex excitability and promoting neuroplastic reorganization in the long term<sup>6,10-12</sup>. Nitsche and Paulus (2000)<sup>13</sup> showed that anodic tDCS increases cortical excitability. Thus, the possibility of tDCS producing an effect on fatigue may be due to the intensify in intracortical facilitation and excitability of the motor cortex induced by the technique, resulting in overcoming supraspinal fatigue.

Therefore, this study hypothesizes that when applying an anodal tDCS over the cortical motor area before a fatigue protocol of the quadriceps muscle, it can induce changes in the cortical excitability and consequently decrease or delay the fatigue of this muscle. Thus, this study aims to evaluate the effect of tDCS on central and peripheral fatigue applied before a quadriceps fatigue protocol in recreational runners.

## **Methods**

### **Trial design**

It is a randomized, sham-controlled, triple-blind, cross-over, clinical study, that will be conducted with 20 recreational runners recruited from sports companies specialized in running in the city of São Paulo and through social media. Each participant will be informed of the procedures and risks before giving written informed consent to participate in the study. This study received approval from the Human Research Ethics Committee of Nove de Julho

University, São Paulo, Brazil (certificate: 26427819.1.0000.5511), and was registered with the Brazilian Clinical Trials Registry (RBR-8zpnxz).

### **Participants**

The selected participants must have age 25 to 50 years; practice running from 5 to 21 km and muscle strengthening for at least the last six months, training three times a week. They can not change the training routine during the period of the study.

There will be excluded the participants who practice other sports besides running and weight training. They can't have a diagnosis of pregnant, musculoskeletal injury, recurrent seizures, skin injury, neurological pathologies, tumor, and infection in the stimulation area. Participants will not be able to use drugs like antihistamines, antidepressants, antiepileptic. They can't use pacemakers and metallic implants on their heads.

### **Sample size**

A pilot study was conducted with five recreational runners for the sample size calculus, considering the difference in peak torque (Nm) before and after tDCS. A 99% confidence interval, and p-value <0.05, using the G\*POWER 3 software. A minimum sample of 18 participants was determined, which was increased to 20 participants to compensate for possible dropouts.

### **Randomization**

They will be randomized in two groups of interventions: G1- active tDCS before fatigue protocol and G2- sham tDCS before fatigue protocol. The participant will be randomized for only the first day, in the second day they must receive the opposite protocol. How is show in the time line bellow (Figure 1).

### **Figure 1**

The intervention of the first day will be determined randomly ([www.randomization.com](http://www.randomization.com)). After a one-week period<sup>14-16</sup>, the participants will receive the intervention not received on the first day (cross-over).

The participants will receive an orientation to avoid physical activity and the consumption of caffeine, tea, alcohol, tobacco, or drugs on the day before the evaluations and the experiment. To characterize them there will be collected information about personal and physical characters, information about the practice of sport, and cardiorespiratory function.

### **Intervention with tDCS**

Stimulation will be administered with the neuroConn DC-STIMULATOR PLUS before the fatigue protocol using two non-metallic electrodes (cathode: 5x7 cm<sup>2</sup>; anode: 5x5 cm<sup>2</sup>) enveloped in cellulose sponge soaked in 0.9% saline solution. The anode will be placed over the motor area corresponding to the quadriceps muscle [site with the greatest myoelectrical response ("hotspot") previously determined using Transcranial Magnetic Stimulation]. The cathode will be placed over the supraorbital region contralateral to the anode. The application time will be 20 minutes, beginning with a 10-second ramp-up to an intensity of 2 mA and ending with a 10-second ramp down to 0 mA.

The same procedure will be used for the sham tDCS intervention, but the current will only be delivered for the first 20 seconds (sham mode of the device).

### **Blinding**

A triple-blind study (evaluator, operator stimulator, and participant) will be carried out. It will be possible because the NeuroConn DC-STIMULATOR PLUS has configurations that allow the selection of the active or sham mode using different codes. Therefore a researcher not involved in the treatment or evaluations will program the equipment with the code assigned to each participant. The external operation of the equipment will appear to be working, so the participant will be blind. A questionnaire<sup>17</sup> will be applied to validate blinding participants (supplementary material).

### **Fatigue protocol**

The participant will sit on the isokinetic dynamometer (System 2, Biodex) to perform the fatigue protocol. The trunk and the hip must have an angle of 100 ° between them, the dominant lower limb flexed at 60 ° (0 °, corresponding to the complete knee extension). The axis of the dynamometer will be positioned at the centre of the knee articulation. The participant will be instructed to cross the upper limbs over the trunk during the execution. The protocol will consist of concentric contractions (knee flexion and extension) at 100% maximum voluntary contraction (MVC) of the dominant limb at a speed of 60 °/s for concentric movements, with a range of motion of 60 ° (90 ° to 30 °) of knee flexion. With each contraction, the dynamometer will perform an opposite force. Muscle fatigue will be determined when the participant reaches three contractions of only 50% of CVM<sup>18</sup>.

### **Evaluations**

### **Assessment of cardiorespiratory function**

This test will apply one time, on the first day, to characterize the participant in terms of physical capacity (very weak to excellent)<sup>19</sup>. For this evaluation, there will be used the Cardiorespiratory function [maximum oxygen uptake (VO<sub>2</sub> max)] will be determined using a maximal incremental test. The Linear Regression Analysis will be applied to verify if the participant's cardiorespiratory function level will interfere with the protocol results.

The test will be performed on a treadmill (Super ATL model) associated with a gas analyzer (VO2000 model) for the visualization and recording of the consumption of the VO<sub>2</sub>. The test will begin with the treadmill inclined 1% and a velocity of 3 km/h, which will be executed for three minutes (warmup phase). The speed will be incremented by 1 km/h each minute until reaching a maximum speed of 16 km/h. When the participant reach exhaustion will be determined the end of the evaluation, after that the volunteer needs to walk for three minutes at 6 km/h (cooldown)<sup>20</sup>.

The blood pressure will be controled using a sphygmomanometer (Glicomed Aneróide Premium) and an electrocardiogram for participant`s security. Participants whose blood pressure rises more than 115mmHg (diastolic blood pressure) and 250mmHg (systolic blood pressure) will be excluded from the study<sup>21</sup>.

All evaluations described below will be carried out on the same day, pre and post interventions with tDCS.

### **Peak torque**

The peak torque (N.m) will be analyzed before and after the tDCS and the fatigue protocol. For this analysis will be used an isokinetic dynamometer (System 2, Biodex). The participants will self positioned in the same way as the fatigue protocol. Three 10-second isometric contractions of the knee extensors of the dominant limb will be performed. The highest value of the quadriceps muscle will be used to define the fatigue protocol and will be used to the comparison of the participant's performance after active and sham tDCS. The contractions will be encouraged with verbal commands.

The peak torque will be the measure to assess the effect of tDCS on fatigue. This will be possible by comparing the results after fatigue protocol and active and sham tDCS.

### **Muscle work**

The assessment of muscle work (N.m) will be performed during the fatigue protocol on the isokinetic dynamometer to determine the onset of peripheral fatigue. The muscle work can show if the tDCS delayed the start of the fatigue.

### **Electrical activity of quadriceps muscle**

The electrical signal of the quadriceps muscle will be captured using an electromyograph (**FREEEMG®**, **BTS Engineering, Italy**), **composed of an A/D converter with 16 bits of resolution, four channels, and wireless transmission**. Disposable silver chloride electrodes (Ag-AgCl; 3M, Brazil) measuring 10 mm in diameter will be positioned on the skin over the motor point of the rectus femoris with an inter-electrode distance of 20 mm, following the recommendations of Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles (SENIAM). The signal will have a preamplification of 1000x and will be filtered in the range of 20 to 1000 Hz, with a common rejection mode ratio >100 dB and sampling frequency of 2000 Hz<sup>22</sup>. **Muscle activity will be measured based on the median frequency and root mean square (RMS) and the data will be analysed using routines previously developed in MATLAB® version R2010a** (The MathWorks Inc., Natick, Massachusetts, USA). The electrical signal from the quadriceps muscle will be used to compare the results during the fatigue protocol in the active and sham tDCS.

### **Cortical Excitability**

The cortical excitability of the quadriceps motor area will be measured based on the results of the evoked motor potential ( $\mu\text{V}$ ). It will be measure before and after the fatigue protocol. The results of the cortical excitability will determine the presence and intensity of central fatigue.

For this evaluation, the Transcranial Magnetic Stimulation (MagPro R30, Magventure, Denmark) with 8-coil will be used, using 24 pulses at 120% of the resting motor threshold. The coil will be positioned over the motor area to find the "hotspot" of the quadriceps muscle, which is the location of the best motor response demonstrated by the electrical signal from the muscle captured by the electromyograph. The electromyographic electrodes will be placed over the rectus femoris, and the reference electrode will be placed over the C7 vertebra.

### **Lactate**

For the measure of the lactate's level, it will be collected blood sample, before, during and two minutes after the conclusion of the fatigue protocol. There will be collected 25  $\mu\text{l}$  of blood in heparinized glass tubes, deposited in Eppendorf tubes containing 50  $\mu\text{l}$  of 1% sodium fluoride, and stored at  $-20^{\circ}\text{C}$  until analysis using disposable gloves (Supermax com) and

lancets (Nanolet™) to puncture the index finger. The samples will be analyzed using a lactate analyzer (Yellow Springs Instruments, 1500 Sports, Ohio, USA), which will be calibrated previously with 25 µl of 5 mmol/l solutions every 10 samples, with an acceptable margin of error of  $\pm 2\%$ . The lactate analysis will enable to determine whether tDCS delays fatigue (lower increase in lactate), as this substance is a marker of fatigue and promotes the homeostasis of tissue acidity during exercise.

### **Subjective perception of effort**

The subjective perception of effort will be evaluated using the adapted Borg Scale<sup>23</sup> before and during the fatigue protocol.

### **Assessment of confounding factors**

Sleep disorders

Sleep disorders will be analysed prior to the procedures of the day using the Pittsburgh Sleep Quality Index<sup>24,25</sup>.

### **Measurement of potential side effects**

Potential side effects resulting from tDCS will be investigated using the tDCS - Side Effects Questionnaire (version translated into Portuguese)<sup>26</sup> after each intervention.

### **Statistical analysis**

The SPSS package (version 22) will be used for the statistical analysis. The Shapiro-Wilk test will be used to determine the normality of the data. Parametric data will be expressed as mean and standard deviation. Nonparametric data will be expressed as median and interquartile range. The paired t-test will be used for the comparison of parametric data and the Wilcoxon test will be used for the comparison of non-parametric data.

## **DISCUSSION**

Muscle fatigue generated during running can diminish muscle activation, which increases the risk of injury, falls, and fractures. It is therefore important to prevent fatigue in athletes<sup>1,3,4,27</sup>.

It has been demonstrated in the literature that there is a change in supraspinal excitability in the neuromuscular fatigue process, namely, a reduction in the motor response

from the primary motor cortex to the periphery<sup>6,12</sup>. Thus, facilitation of this area with tDCS may regulate the response, improving the installed supraspinal fatigue.

According to Vitor-Costa *et al.*<sup>6</sup>, tDCS alters corticospinal excitability and extends to areas far from the corticospinal tract. tDCS is reported to be a resource for the enhancement of motor learning and performance and exerts an effect on reducing the perception of fatigue<sup>7,28</sup>. This therapeutic modality has demonstrated an increase in the contraction time of elbow flexion in healthy individuals<sup>28</sup> and the modulation of the parasympathetic system, diminishing the heart rate and improving exercise tolerance<sup>6</sup>.

Although tDCS has proven to be an additional therapy with good results regarding performance and fatigue, Angius *et al.*<sup>8</sup> report that there is no defined protocol for observing the effects on neuromuscular response with regards to electrode placement, current intensity, and application time. Therefore, the effects of tDCS on fatigue and athletic performance are not yet clear and additional studies are needed.

As a relevant point of this research, we emphasize that this is the first study which aim is to investigate the effects of tDCS on muscle fatigue in non-professional athletes using both clinical assessments, measuring the peak torque of the quadriceps muscle, and neurophysiological analysis. The peak torque corresponds to the clinical measure. On the other hand, the cortical excitability and electromyographic correspond to the neurophysiological analysis. In addition to a measurement of the blood lactate level. We did not find any study that has evaluated the effects of tDCS on both central and peripheral fatigue at the same time in runners.

This study shows the benefits of tDCS due to the ability to induce changes in the excitability cortical. It happens because tDCS changes the resting potential of the neuronal membrane. When applied in the long-term the tDCS can stimulate the neuroplastic reorganization<sup>6,10-12</sup>. Nitsche and Paulus<sup>13</sup> showed that anodic tDCS increases cortical excitability, so that this procedure may have the potential to inhibit the development of supraspinal fatigue. Therefore, tDCS can be a viable technique to prevent fatigue and improve the performance of professional and non-professional athletes.

It is important to recognize that the limitation of this study is that there is only a single session, so that it is not possible to answer the long-term effects of the technique on fatigue. But this initial study can be used as an experimental design for future studies.

## CONCLUSION

This study will evaluate the effect of tDCS on fatigue in runners, possibly determining an application protocol for this population.

**Declaration of interest:** There are no conflicts of interest.



## REFERENCES

- 1) Fokkema T, de Vos RJ, van Ochten JM, et al. Preventing running-related injuries using evidence-based online advice: the design of a randomised-controlled trial. *BMJ Open Sport Exerc Med* 2017;3(1):000265. doi:10.1136/bmjsem-2017-000265
- 2) Okano AH, Fontes EB, Montenegro RA, et al. Brain stimulation modulates the autonomic nervous system, rating of perceived exertion and performance during maximal exercise. *Br J Sports Med*. 2015;49(18):1213–1218. doi:10.1136/bjsports-2012-091658
- 3) Taylor JL, Amann M, Duchateau J, Meeusen R, Rice CL. Neural Contributions to Muscle Fatigue: From the Brain to the Muscle and Back Again. *Med Sci Sports Exerc*. 2016;48(11):2294–2306. doi:10.1249/MSS.0000000000000923
- 4) Williams PS, Hoffman RL, Clark BC. Preliminary evidence that anodal transcranial direct current stimulation enhances time to task failure of a sustained submaximal contraction. *PLoS One*. 2013;8(12):e81418. Published 2013 Dec 9. doi:10.1371/journal.pone.0081418
- 5) Angius L, Hopker JG, Marcora SM, Mauger AR. The effect of transcranial direct current stimulation of the motor cortex on exercise-induced pain. *Eur J Appl Physiol*. 2015;115(11):2311–2319. doi:10.1007/s00421-015-3212-y
- 6) Vitor-Costa M, Okuno NM, Bortolotti H, et al. Improving Cycling Performance: Transcranial Direct Current Stimulation Increases Time to Exhaustion in Cycling. *PLoS One*. 2015;10(12):e0144916. Published 2015 Dec 16. doi:10.1371/journal.pone.0144916
- 7) Borducchi DM, Gomes JS, Akiba H, Cordeiro Q, Borducchi JH, Valentin LS, Borducchi GM, Dias ÁM. Transcranial Direct Current Stimulation Effects on Athletes' Cognitive Performance: An Exploratory Proof of Concept Trial. *Front Psychiatry*. 2016 Nov 30;7:183. doi: 10.3389/fpsy.2016.00183. PMID: 27965597; PMCID: PMC5127844.
- 8) Angius L, Hopker J, Mauger AR. The Ergogenic Effects of Transcranial Direct Current Stimulation on Exercise Performance. *Front Physiol*. 2017;8:90. Published 2017 Feb 14. doi:10.3389/fphys.2017.00090
- 9) Park SB, Sung DJ, Kim B, Kim S, Han JK. Transcranial Direct Current Stimulation of motor cortex enhances running performance. *PLoS One*. 2019;14(2):e0211902. Published 2019 Feb 22. doi:10.1371/journal.pone.0211902
- 10) Nitsche MA, Liebetanz D, Lang N, Antal A, Tergau F, Paulus W. Safety criteria for transcranial direct current stimulation (tDCS) in humans. *Clin Neurophysiol*. 2003;114(11):2220-2223. doi:10.1016/s1388-2457(03)00235-9

- 11) Bachtiar V, Johnstone A, Berrington A, et al. Modulating Regional Motor Cortical Excitability with Noninvasive Brain Stimulation Results in Neurochemical Changes in Bilateral Motor Cortices. *J Neurosci.* 2018;38(33):7327–7336. doi:10.1523/JNEUROSCI.2853-17.2018
- 12) Tanaka M, Watanabe Y. Supraspinal regulation of physical fatigue. *Neurosci Biobehav Rev.* 2012;36(1):727-734. doi:10.1016/j.neubiorev.2011.10.004
- 13) Nitsche MA, Paulus W. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. *J Physiol.* 2000 Sep 15;527 Pt 3(Pt 3):633-9. doi: 10.1111/j.1469-7793.2000.t01-1-00633.x. PMID: 10990547; PMCID: PMC2270099.
- 14) Heinz G, De Angelis K, Dal Corso S, Sousa MHG, Viana A, Dos Santos F, Corrêa JCF, Corrêa FI. Effects of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) and Exercises Treadmill on Autonomic Modulation of Hemiparetic Patients Due To Stroke-Clinic Test, Controlled, Randomized, Double-Blind. *Front Neurol.* 2020 Jan 22;10:1402. doi: 10.3389/fneur.2019.01402. PMID: 32038465; PMCID: PMC6988776.
- 15) Klomjai W, Aneksan B, Pheungphrarattanatrai A, Chantanachai T, Choowong N, Bunleukhet S, Auvichayapat P, Nilanon Y, Hiengkaew V. Effect of single-session dual-tDCS before physical therapy on lower-limb performance in sub-acute stroke patients: A randomized sham-controlled crossover study. *Ann Phys Rehabil Med.* 2018 Sep;61(5):286-291. doi: 10.1016/j.rehab.2018.04.005. Epub 2018 May 12. PMID: 29763676.
- 16) Nitsche MA, Paulus W. Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans. *Neurology.* 2001 Nov 27;57(10):1899-901. doi: 10.1212/wnl.57.10.1899. PMID: 11723286.
- 17) Antal A, Alekseichuk I, Bikson M, et al. Low intensity transcranial electric stimulation: Safety, ethical, legal regulatory and application guidelines. *Clin Neurophysiol.* 2017;128(9):1774-1809. doi:10.1016/j.clinph.2017.06.001
- 18) Schwendner KI, Mikesky AE, Wigglesworth JK, Burr DB. Recovery of dynamic muscle function following isokinetic fatigue testing. *Int J Sports Med.* 1995;16(3):185-189. doi:10.1055/s-2007-972989
- 19) Ghorayeb N, Stein R, Daher DJ, Silveira AD, Ritt LEF, Santos DFP et al. Atualização da Diretriz em Cardiologia do Esporte e do Exercício da Sociedade Brasileira de Cardiologia e da Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte - 2019. *Arq Bras Cardiol.* 2019; 112(3):326-368.
- 20) De Marchi T, Leal Junior EC, Bortoli C, Tomazoni SS, Lopes-Martins RA, Salvador M. Low-level laser therapy (LLLT) in human progressive-intensity running: effects on

exercise performance, skeletal muscle status, and oxidative stress. *Lasers Med Sci.* 2012;27(1):231–236. doi:10.1007/s10103-011-0955-5.

21) Thompson PD, Arena R, Riebe D, Pescatello LS; American College of Sports Medicine. ACSM's new preparticipation health screening recommendations from ACSM's guidelines for exercise testing and prescription, ninth edition. *Curr Sports Med Rep.* 2013 Jul-Aug;12(4):215-7. doi: 10.1249/JSR.0b013e31829a68cf. PMID: 23851406.

22) Cifrek M, Medved V, Tonković S, Ostojić S. Surface EMG based muscle fatigue evaluation in biomechanics. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2009;24(4):327–340. doi:10.1016/j.clinbiomech.2009.01.010

23) Borg G, Hassmén P, Lagerström M. Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1987;56(6):679–685. doi:10.1007/bf00424810

24) Buysse DJ, Reynolds CF 3rd, Monk TH, Berman SR, Kupfer DJ. The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Res.* 1989;28(2):193-213. doi:10.1016/0165-1781(89)90047-4

25) Bertolazi AN, Fagondes SC, Hoff LS, et al. Validation of the Brazilian Portuguese version of the Pittsburgh Sleep Quality Index. *Sleep Med.* 2011;12(1):70-75. doi:10.1016/j.sleep.2010.04.020

26) Fertonani A, Ferrari C, Miniussi C. What do you feel if I apply transcranial electric stimulation? Safety, sensations and secondary induced effects. *Clin Neurophysiol.* 2015;126(11):2181-2188. doi:10.1016/j.clinph.2015.03.015

27) Angius L, Pageaux B, Hopker J, Marcora SM, Mauger AR. Transcranial direct current stimulation improves isometric time to exhaustion of the knee extensors. *Neuroscience.* (2016);339:363–375. doi:10.1016/j.neuroscience.2016.10.028

28) Okano AH, Fontes EB, Montenegro RA, et al. Brain stimulation modulates the autonomic nervous system, rating of perceived exertion and performance during maximal exercise. *Br J Sports Med.* 2015;49(18):1213-1218. doi:10.1136/bjsports-2012-091658.

29) Cogiamanian F, Marceglia S, Ardolino G, Barbieri S, Priori A. Improved isometric force endurance after transcranial direct current stimulation over the human motor cortical areas. *Eur J Neurosci.* 2007;26(1):242-249. doi:10.1111/j.1460-9568.2007.05633.x.

#### FIGURE LEGENDS

Figure 1. Time line from the protocol study.

**I-** Day 1: Cardiorespiratory assessment to determine the participant's functional capacity (maximum oxygen volume -VO<sub>2</sub>max); Questionnaire application in which information will be collected such as demographic data, training routine, anthropometric data, medication use, and history of injuries.

**II-** Day 2: There will be performed evaluations before and after the intervention with tDCS and fatigue protocol. The evaluations will be the torque peak, lactate level, subjective perception of effort, cortical excitability (assessment of central fatigue), the quadriceps muscle activity (assessment of peripheral fatigue). Interventions: 1 session of 20 minutes of active or sham tDCS will be applied followed by the fatigue protocol.

**III -** Day 3: Same protocol as day 2. There will be changing only the type of intervention with tDCS, if in the first session the participant was randomized to receive active tDCS, on this second session he will receive a sham tDCS and vice versa.

#### SUPPLEMENTAL DIGITAL CONTENTS LEGENDS

APPENDIX 1 – SPIRIT Checklist

APPENDIX 2 – Evaluation data

APPENDIX 3 - Sample size calculation

APPENDIX 4 - Study enrolment schedule, interventions and assessments. tDCS transcranial direct current stimulation

#### **APÊNDICE E – ARTIGO FINAL**

**EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA (ETCC) SOBRE A FADIGA MUSCULAR EM CORREDORES AMADORES - ESTUDO CLÍNICO, *CROSSOVER*, CONTROLADO POR *SHAM*, TRIPLO-CEGO**

LAURA UEHARA<sup>1</sup>, DANIEL BOARI COELHO, PHD<sup>2</sup>, ABRAHÃO FONTES BATISTA, PHD<sup>2</sup>, LUCAS SANTANA, MS<sup>2</sup>, RAFAEL JARDIM DUARTE MOREIRA, MS<sup>2</sup>, YOSHI ZANA, PHD<sup>2</sup>, LUCIANA MALOSÁ, PHD<sup>1</sup>, TAIANE LIMA<sup>1</sup>, GABRIELA VALENTIM<sup>1</sup>, JOÃO CARLOS FERRARI CORRÊA, PHD<sup>1</sup>, FERNANDA ISHIDA CORRÊA, PHD<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Nove de Julho – UNINOVE - Rua: Vergueiro, 235/249 Liberdade - São Paulo-SP – Brazil.

<sup>2</sup>Universidade Federal do ABC – UFABC - Alameda da Universidade s/n, bloco ômega, São Bernardo do Campo – São Paulo – SP- Brazil.

Address for correspondence: Fernanda Ishida Côrrea, PhD – Rua Vergueiro, 235/249 – Liberdade, Zip code: 01504-001, São Paulo, Brazil. Telephone: +5511973440380.E-mail: [fecorrea@uninove.br](mailto:fecorrea@uninove.br).

Running title: tDCS in fatigue in recreational runners.

## Resumo

**Objetivo:** avaliar o efeito da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC) aplicada antes de um protocolo de fadiga sobre a fadiga central e periférica de corredores recreacionais. **Método:** 26 corredores recreacionais,  $38,19 \pm 6,53$  anos, foram randomizados para receber a primeira intervenção G1 (ETCC ativa pré protocolo de fadiga) ou G2 (ETCC sham pré protocolo de fadiga); após 7 dias foi realizada a segunda intervenção, oposta à intervenção do primeiro dia. A ETCC anodal foi aplicada sobre o hotspot do músculo quadríceps femoral, durante 20 minutos, intensidade de 2mA. A ETCC sham seguiu o mesmo posicionamento, por 30 segundos. O protocolo de fadiga do músculo quadríceps consistia em realizar contrações isotônicas de flexão e extensão de joelho até que o indivíduo atingisse 3 contrações a 50% da contração voluntária máxima em dinamômetro isocinético. Avaliações: A fadiga foi avaliada pelo pico de torque (N.m), pela resistência à fadiga, potencial evocado motor (PEM). Foram coletados o nível de lactato (mmol/l) antes (lactato 1), durante (lactato 2) e após 2 minutos do término do protocolo de fadiga (lactato 3) e percepção subjetiva de esforço (PSE). **Resultados:** Houve diminuição do pico de torque após intervenção para ambos os grupos G1 (baseline  $209,29 \pm 60$ N.m vs. pós  $191,65 \pm 50,69$ N.m,  $p=0,049$ ) e G2 (baseline  $203,45 \pm 67,08$ N.m vs pós  $192,73 \pm 48,65$ N.m,  $p=0,094$ ), sem diferença significativa intergrupos ( $p=0,82$ ). A resistência à fadiga não apresentou diferença significativa intergrupos ( $p=0,82$ ). O PEM diminuiu significativamente após a intervenção no grupo G1 (baseline  $246,52[0-613,75]$ mV vs pós  $94,12[0-948,28]$ mV,  $p=0,002$ ) e G2 (baseline  $253,33[0-736,25]$ mV vs pós  $94[0-563,63]$ mV,  $p=0,013$ ), sem diferença intergrupos ( $p=0,98$ ). Houve aumento significativo ( $p=0$ ) de lactato 2 e 3 comparado ao lactato 1 em G1 e G2, sendo lactato 1( $2,37[1,02/5,49]$ mmol/l), lactato 2( $4,54[2,64/15,63]$ mmol/l), lactato 3 ( $4,87[1,93/12,66]$ mmol/l) em G1 e lactato 1( $1,53[0,48/5,22]$ mmol/l), lactato 2( $3,91[0,84/13,11]$ mmol/l), lactato 3 ( $4,74[0,90/12,57]$ mmol/l) em G2; os resultados apresentaram diferença significativa intergrupos no lactato 2 ( $p=0,049$ ). PSE aumentou após intervenção em ambos os grupos, sem diferença significativa intergrupos ( $p=0,56$ ). **Conclusão:** Uma sessão de ETCC aplicada sobre a área motora cortical do músculo quadríceps pré protocolo de fadiga não interferiu nos resultados da fadiga central, periférica e PSE, porém aumentou os níveis de lactato durante o protocolo de fadiga (lactato 2) no G1.

**Palavras Chave:** Corredor. Fadiga. Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua. Desempenho Atlético.

## INTRODUÇÃO

A corrida, ao longo do tempo, tem se mostrado um esporte frequente devido à facilidade da sua prática e dos benefícios que a mesma traz para a saúde física e mental. O atleta corredor, mesmo o amador, busca esses benefícios à saúde, mas apresenta também como foco a melhora do seu desempenho. No entanto, a fadiga pode ser um fator limitante (MOSCATELLI *et al.*, 2016; FUZIKI, 2012; KLUITENBERG *et al.*, 2013).

A Fadiga pode ser definida como qualquer diminuição na capacidade de produzir força máxima do músculo após longo período de atividade física. Uma vez instalada, ela altera a cadência, comprimento da passada e cinemática da articulação do membro inferior durante a corrida (GANDEVIA, 2001; KELLIS *et al.*, 2011; TAYLOR *et al.*, 2016).

A fadiga pode ter origem central e periférica. Durante a fadiga central há um aumento de metabólitos como potássio, hidrogênio, prostaglandina, bradicinina e fosfato inorgânico. Há uma diminuição de níveis de glicose plasmática, aumento de triptofano plasmático e do 5-hidroxiptofano, há ainda alterações na concentração de neurotransmissores e termodinâmicos. Já na fadiga periférica há concentração de potássio extracelular, produção de hidrogênio, acúmulo de fosfato inorgânico e produção de radicais livres. A concentração de potássio intersticial durante a atividade intensa pode aumentar de forma a reduzir a tensão muscular de 60 a 100%. A redução de pH diminui a força muscular e velocidade de contração (SCHLICKMANN & CAPUTO, 2012).

Diante disso, estudos têm investigado os efeitos Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC) aplicada sobre o córtex cerebral, com intuito de reduzir a fadiga e melhorar o desempenho atlético na prática esportiva, por meio de menor diminuição no tempo de falha muscular e com aumento da excitabilidade cortical com a ETCC anodal (ABDEMOULA *et al.*, 2016; ANGIUS *et al.*, 2017).

De acordo com Edwards *et al.* (2017) a intervenção com ETCC pode aperfeiçoar o aprendizado motor e conseqüentemente o desempenho motor, porém é necessário ficar atento quanto a esses resultados, por se tratar de uma técnica relativamente nova.

Isso exposto, a hipótese desse estudo é que a ETCC aplicada sobre área cortical motora do músculo quadríceps antes de um protocolo de fadiga do mesmo irá reduzir ou retardar a fadiga deste músculo e a fadiga central.

Dessa forma, o objetivo desse estudo é avaliar os efeitos da ETCC anodal, aplicada antes de um protocolo de fadiga, sobre a fadiga em corredores amadores.

## **METHODS**

Este estudo consiste em um ensaio clínico, *crossover*, controlado por *sham*, triplo-cego, seguindo o modelo do protocolo de Uehara *et al.* (2021). O protocolo seguiu as normas estabelecidas pelo *Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT)* e em acordância com os princípios da Declaração de Helsinque e pelas normas de pesquisa com seres humanos, formulada pelo Conselho Nacional de Saúde do Brasil, criada em outubro de 1996. Recebeu aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do Comitê de Ética em Pesquisa local (CAAE: 26427819.1.0000.5511) e foi aprovado pelo Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (ReBEC) (RBR-8zpnxz).

Participaram do estudo 26 indivíduos corredores recreacionais os quais assinaram termo de consentimento informado antes de sua participação e receberam informações detalhadas sobre o estudo, bem como os possíveis riscos e benefícios envolvidos.

Os atletas selecionados deveriam ter idade entre 25 a 50 anos e serem praticantes de corrida de 5 a 21 km e treino de fortalecimento muscular com regularidade, pelo menos 3 vezes por semana, há pelo menos 6 meses. Foram excluídas mulheres grávidas, indivíduos que realizassem outras modalidades esportivas além da corrida e musculação, que apresentassem lesão musculoesquelética recente, histórico de convulsão recorrente, lesão cutânea no local da estimulação, fizessem uso de antihistamínico, anti-depressivo, anti-epilético, marcapasso ou implante metálico na cabeça. Os indivíduos foram orientados que não poderiam modificar o treino durante o período da pesquisa.

Para o cálculo amostral foi realizado um estudo piloto com 5 corredores recreacionais, no qual considerou-se a diferença do pico de torque (N.m) em dinamômetro isocínético, entre o pós e pré intervenção com ETCC; intervalo de confiança de 99%, com valor de  $p < 0,05$ ; por meio do Software GPOWER3. Usando esses parâmetros, resultou-se em uma amostra de 18 participantes, com percentual de 10% de perda, totalizando 20 indivíduos. Diante da possibilidade de falha ou quaisquer outros problemas nos instrumentos utilizados,



optou-se por aumentar o N, reduzindo assim a chance do mesmo ser menor que 20, portanto foram coletados dados de 26 indivíduos.

### Randomization

Os indivíduos selecionados para o estudo foram randomizados pelo site [www.randomized.com](http://www.randomized.com) por um pesquisador não envolvido no tratamento ou avaliação para receber 2 tipos de intervenção G1(ETCC anodal pré protocolo de fadiga) ou G2 (ETCC sham pré protocolo de fadiga). A randomização ocorreu apenas para a escolha da primeira intervenção. A segunda intervenção foi àquela oposta à escolhida na primeira (detalhes na figura 1):

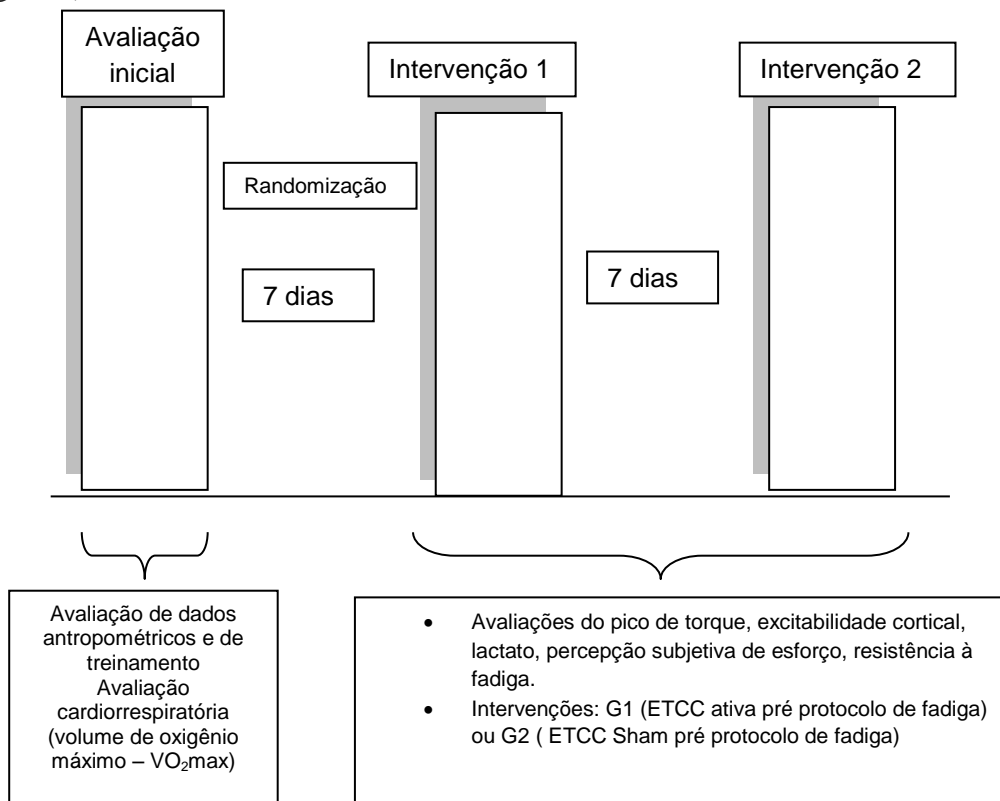


Figura 1. Linha do tempo do desenho experimental.

O indivíduo compareceu a uma primeira sessão na qual foram coletados dados pessoais, antropométricos, de treinamento, e avaliação cardiorrespiratória para prever o volume de oxigênio consumido (VO<sub>2</sub>max). Após 1 semana (7 dias) os indivíduos compareceram para a segunda sessão para receber a intervenção de ETCC anodal ou ETCC sham pré protocolo de fadiga, conforme randomização. Após intervalo de 7 dias o indivíduo compareceu à terceira sessão para receber ETCC anodal ou sham (se no primeiro dia ele

recebeu ETCC anodal, neste dia recebeu a ETCC sham, e vice versa). Nos dias em que foram realizadas as intervenções foram avaliados o pico de torque, excitabilidade cortical (PEM), lactato, percepção subjetiva de esforço pré e pós intervenções. A resistência à fadiga foi avaliada pelo número de repetições de contração concêntrica realizadas durante o protocolo de fadiga.

Os indivíduos foram instruídos a evitar o consumo de cafeína, chá, álcool, fumo ou drogas no dia precedente às avaliações e experimento, além de atividade física.

### **Intervenção com ETCC**

A aplicação da ETCC com o aparelho neuroConn DC-STIMULATOR PLUS, foi realizada antes do protocolo de fadiga, por meio de dois eletrodos de superfície não-metálicos de 5x7cm<sup>2</sup> (catodo) e 5x5cm (anodo), envoltos em uma esponja de celulose umedecidos em solução salina a 0,9%. O eletrodo anodo foi posicionado sobre a área motora correspondente ao músculo quadríceps, previamente estabelecida pelo uso da Estimulação Magnética Transcraniana (EMT) (local de maior resposta mioelétrica do músculo, conhecida como *hotspot*). O catodo foi posicionado na região supraorbital contralateral ao anodo. Tempo de aplicação de 20 minutos, intensidade de 2 mA, rampa linear de 30 segundos para cima/para baixo. O mesmo procedimento foi repetido para ETCC *sham*, no entanto, o aparelho manteve-se ligado por 20 segundos, de acordo com o programa do próprio aparelho.

O estudo foi triplo cego (avaliador, o pesquisador que aplicou a ETCC e o participante). O dispositivo NeuroConn DC-STIMULATOR PLUS possui configurações que permitem a seleção do modo de estimulação ativa ou sham, inserindo códigos. Um pesquisador cego ao tratamento e avaliações programou o equipamento com o código ao qual o participante foi alocado. Para validar o cegamento foi aplicado o questionário de validação de cegamento (ANTAL *et al*, 2017) ao término de cada intervenção.

### **Protocolo de fadiga**

Para realizar o protocolo de fadiga, o indivíduo foi posicionado sentado no dinamômetro isocinético (System 2, Byodex), fixo ao assento com cintas, angulação de 100° entre tronco e quadril, e membro inferior dominante com flexão de 60° (0° correspondente a extensão completa do joelho). O eixo do dinamômetro foi posicionado no centro do joelho e os participantes foram orientados a segurar com as mãos ao lado do assento durante a execução do protocolo, que consistiu em contrações concêntricas para flexão e extensão de joelho em 100% da contração voluntária máxima (CVM) do membro dominante, com uma

velocidade de 60°/s para movimentos concêntricos, com alcance de movimento de 60° (entre 90° e 30° de flexão de joelho).

A cada contração, houve uma força oposta executada pelo dinamômetro. Quando o indivíduo atingisse três contrações a 50% da CVM foi caracterizada como fadiga muscular (SCHWENDNER *et al*, 1995).

## **Avaliações**

Para caracterizar a amostra foram coletados dados pessoais, físicos e referente à prática esportiva, aptidão cardiorrespiratória e se eram respondedores ou não à ETCC.

### **Avaliação de aptidão cardiorrespiratória**

A avaliação da aptidão cardiorrespiratória, consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>max), foi realizada por teste de campo de 3200m desenvolvido pelo Dr. Art Weltman (WELTMAN, 1987) e calculado com fórmula abaixo, desenvolvido pelo mesmo. Este teste é utilizado para prever o VO<sub>2</sub>max, utilizado para atletas fundistas. Para realizar o teste o indivíduo deveria correr, o mais rápido que pudesse, uma distância de 3200m em uma pista de 400m e o tempo foi cronometrado. A classificação do indivíduo segundo sua condição física, fraca a excelente (American Heart Association) (Ghorayeb *et al*, 2013), foi determinada pela fórmula:

$$\text{VO}_2 \text{ Max (ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}) = 118,4 - 4,774 (T)$$

T = tempo em minutos e fração decimal dos 3200 metros.

A avaliação da fadiga foi dada pelo pico de torque, excitabilidade cortical, resistência à fadiga, limiar de lactato e PSE.

### **Avaliação do pico de torque**

Para avaliar o pico de torque (N.m) foi solicitado ao indivíduo que realizasse a contração voluntária máxima (CVM) durante três contrações isométricas de extensores do joelho do membro dominante utilizando um dinamômetro isocinético (System 2, Byodex), durante 10 segundos em cada contração. Foi considerado o maior valor de torque das três contrações, este dado foi utilizado para definir a força muscular do quadríceps femoral e foi

utilizado para elaborar o protocolo de fadiga, bem como para comparação posterior às intervenções com ETCC ativa e sham. A execução das contrações foi incentivada por comandos verbais.

### **Avaliação resistência à fadiga muscular**

A avaliação da resistência à fadiga muscular se deu pela quantidade de contrações musculares executadas pelo indivíduo durante o protocolo de fadiga no dinamômetro isocinético. O resultado de cada indivíduo se deu pela comparação do número de contrações executadas até atingir três contrações a 50% da CVM máxima após o indivíduo receber ETCC anodal e sham.

### **Medidas de excitabilidade cortical**

A excitabilidade cortical do músculo reto femoral foi medida pelo potencial evocado motor (PEM) (uV) deste músculo, pré e pós intervenções. Foram utilizados 24 pulso com 120% do limiar motor de repouso (Biabani, 2018). Para esta avaliação foi utilizado o equipamento de EMT, MagPro R30 (Magventure, Dinamarca), com bobina em forma de oito.

Primeiro, a bobina foi posicionada sobre o córtex motor primário para localizar o *hotspot* do músculo reto femoral. Para captação dos sinais mioelétricos foi utilizado o MepOption (Magventure, Dinamarca) com eletrodos descartáveis de prata/cloreto de prata. Os eletrodos foram posicionados sobre o ventre muscular do músculo reto femoral com a distância intereletrodo de 2cm. O eletrodo de referência foi posicionado sobre o processo espinhoso da vértebra C7. Previamente a colocação dos eletrodos a pele foi limpa com álcool e a tricotomia realizada se necessário. O posicionamento dos eletrodos seguiu o protocolo SENIAM (Surface ElectroMyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles),

Os indivíduos foram caracterizados em respondedores ou não a intervenção com ETCC antes do início da intervenção. A excitabilidade corticoespinhal foi avaliada imediatamente antes e depois de uma estimulação com ETCC ativa de 2mA por 5 minutos. Foram considerados respondedores aqueles que a razão do PEM inicial e final fosse menor que 1.

### **Avaliação de nível de lactato**

Para análise do nível de lactato foram coletadas amostras sanguíneas antes (lactato 1), durante (lactato 2) e após 2 minutos do término do protocolo de fadiga (lactato 3), pela punção do dedo indicador, utilizando-se lancetas (Nanolet™) e luvas descartáveis (Supermax com).

Um volume de 25µl de sangue foi coletado em capilares de vidro heparinizados e calibrados, e depositados em tubos Eppendorff contendo 50µl de fluoreto de sódio à 1%, que foram armazenados a -20°C para posterior análise.

As amostras sanguíneas foram analisadas por meio de um analisador de lactato (Yellow Springs Instruments-YSI, 1500 Sports, Ohio, USA), o qual foi previamente calibrado com 25µl de solução de 5mmol/l a cada 10 amostras, sendo a margem de erro aceitável de ± 2%.

### **Avaliação de Percepção Subjetiva de Esforço**

A Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) foi avaliada por meio da Escala de Borg adaptada (BORG *et al.*, 1987) durante o protocolo de fadiga muscular.

### **Avaliação de fatores confundidores**

#### Distúrbios do sono

Distúrbios do sono foram analisados antes de iniciar os procedimentos do dia, pelo Índice de Qualidade do Sono de Pittsburgh (*Pittsburgh Sleep Quality Index - PSQI*)(Bertolazi *et al.*, 2011).

### **Aferição de potenciais efeitos adversos**

Para verificação de possíveis efeitos adversos decorrentes da ETCC foi aplicado o questionário de efeitos adversos (tDCS - *Side Effects Questionnaire* - versão traduzida para o português)(Fertonani *et al.*, 2015) após cada intervenção.

### **Análise estatística**

Foi utilizado o programa estatístico SPSS (versão 22). Para avaliar pico de torque entre grupos Ativo e Sham foi utilizado teste t pareado. Na análise de PSE, lactato e resistência à fadiga entre grupos Ativo e Sham foi utilizado teste Wilcoxon. A correlação de Spearman foi realizada para correlacionar a qualidade do sono com o os resultados da

estimulação ativa e sham do pico de torque. Um valor de  $p < 0,05$  foi considerado indicativo de significância estatística. Os dados paramétricos foram representados em média e desvio-padrão e os dados não-paramétricos em mediana e intervalo interquartil. Para a caracterização da amostra, validação de cegamento e distúrbio de sono foi utilizado teste de *Shapiro-Wilk* para verificar a normalidade dos dados.

## RESULTADOS

Foram recrutados 39 indivíduos, dos quais 9 foram excluídos por compareceram em apenas uma sessão, 4 indivíduos foram excluídos pois as amostras de lactato apresentaram-se inadequadas, totalizando 26 indivíduos. As características clínico demográficas dos indivíduos estão descritas na tabela 1:

**Tabela 1. Característica descritivas da amostra (n=26).**

<b>Variáveis</b>	<b>(n=26)</b>
Gênero (M/F)	15/11
Idade (Anos)	38,19±6,53
Altura (m)	1,70±0,09
Massa corporal (kg)	72,12±13,82
Índice de Massa Corpórea	24,82±3,12
Treino Semanal/corrída e fortalecimento (dias)	5,23±1,24
Tempo de treinamento de corrida (meses)	73,73±79,68
Corredores de 5km (n)	6
Corredores de 10km (n)	8
Corredores de 21km (n)	12
Respondedores a ETCC (n)	6
<b>Capacidade cardiorrespiratória (n)</b>	
Muito Fraco	1
Fraco	3
Regular	4
Boa	3
Excelente	15

Legenda. Dados expressos em Média  $\pm$  Desvio Padrão. Masculino (M); Feminino (F); metro (m); quilograma (kg); quilometragem (km); número de indivíduos (n)

Os indivíduos respondedores à ETCC anodal (n=6) foram avaliados individualmente, foi possível observar que 5 deles apresentaram aumento do PEM e lactato 2 com estimulação anodal.

Os indivíduos eram diferentes quanto à capacidade cardiorrespiratória, tempo de treinamento de corrida, quilometragem percorrida e velocidade da corrida.

Na figura 2 estão representados os resultados do pico de torque (N.m) pela CVM do quadríceps muscular.

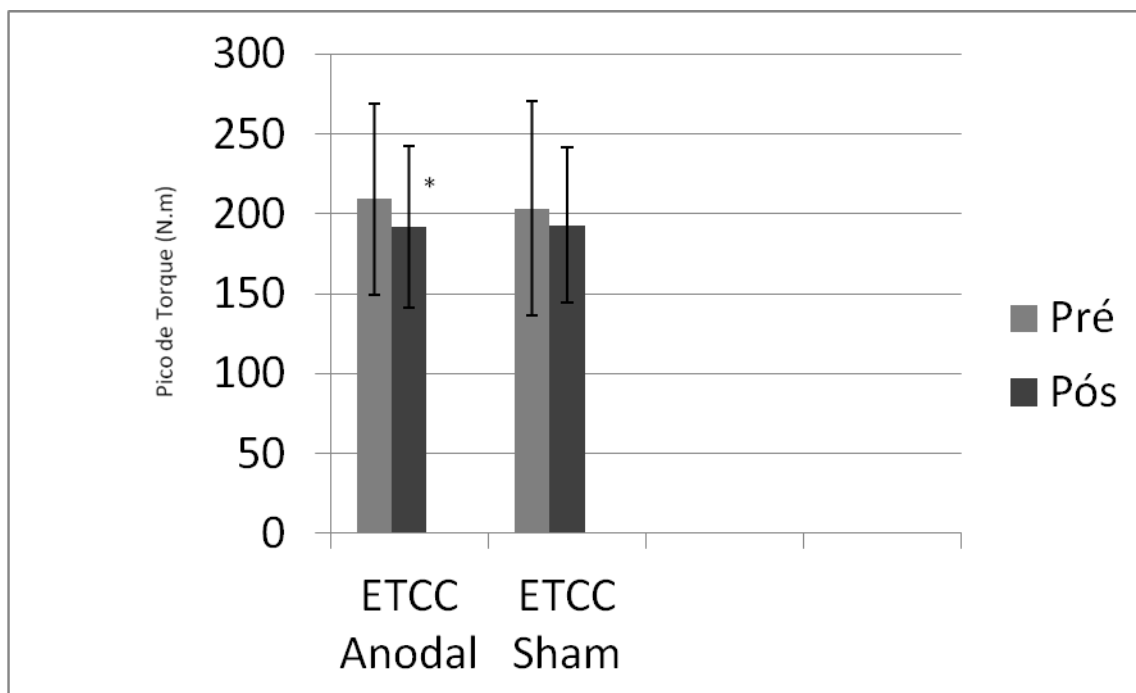


Figura 2. Gráfico do pico de torque (N.m)(n=26) dos grupos ETCC Sham e ETCC anodal nos momentos pré e pós ETCC seguido do protocolo de fadiga, \*p<0,05.

Observa-se na figura 2 que houve uma diminuição do pico de torque após protocolo de fadiga para ambos os grupos ETCC anodal (baseline 204,29 $\pm$ 60N.m vs pós 191,65 $\pm$ 50,69 N.m, p=0,048) e ETCC sham (baseline 203,45 $\pm$ 67,08 N.m vs pós 192,73 $\pm$ 48,66 N.m, p=0,094). Sem apresentar diferença significativa entre grupos (p=0,82).

Na figura 3 estão apresentados os resultados da resistência à fadiga do músculo quadríceps (quantidade de contrações musculares de cada indivíduo executadas durante o protocolo de fadiga até atingir 50% da CVM) de ambos os grupos, após receberem ETCC anodal ou sham

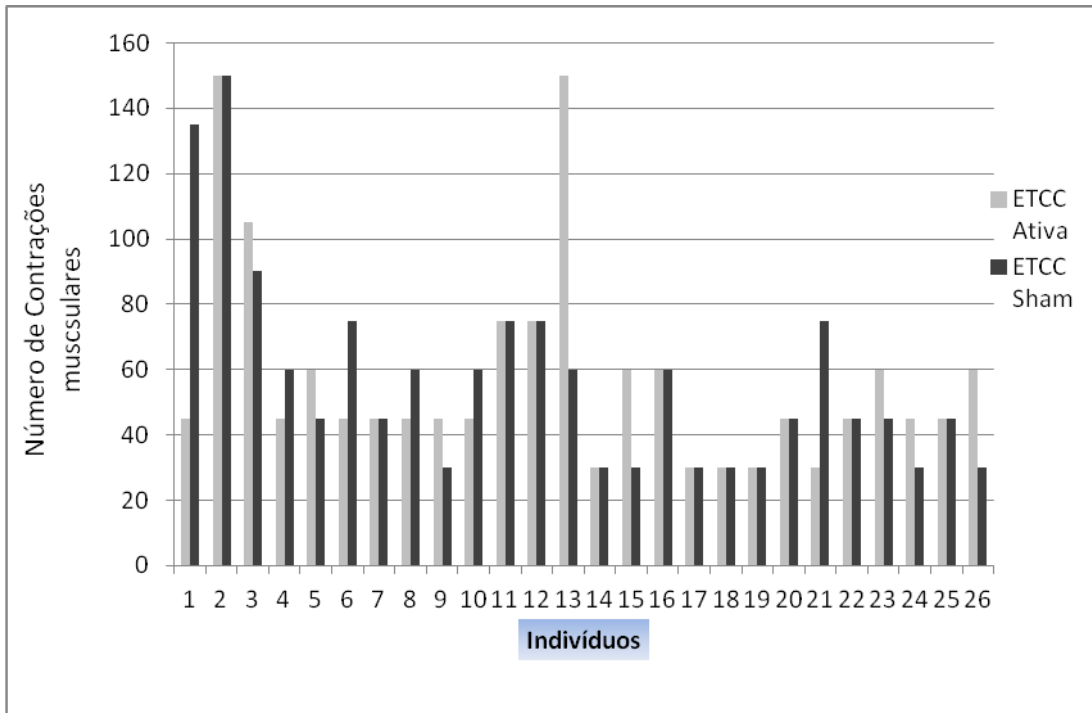


Figura 3. Resistência à fadiga (quantidade de contrações musculares individuais executadas durante protocolo de fadiga), realizado após ETCC anodal e ETCC sham.

Observa-se na figura 3 que os indivíduos 3, 5, 9, 15, 23 e 26 apresentaram um maior número de contrações musculares durante o protocolo de fadiga após receberem ETCC anodal; já os indivíduos 1, 4, 6, 8, 10 e 21 apresentaram um maior número de contrações musculares durante o protocolo de fadiga após receberem ETCC sham

Foi possível observar que os indivíduos com maiores contrações após ETCC anodal e que treinassem mais que 5 dias por semana, apresentaram aumento de lactato 2 para a estimulação anodal, porém o mesmo não foi observado nos indivíduos que receberam a estimulação sham.

Na figura 4 estão apresentados os resultados do PEM dos grupos ETCC ativa (n=20) e Sham (n=21), pré e pós intervenções. No grupo ETCC anodal pré protocolo de fadiga foram excluídos 3 indivíduos e no pós fadiga 10 indivíduos, enquanto no grupo ETCC sham pré protocolo de fadiga foram excluídos 3 indivíduos e no pós fadiga 9 indivíduos sendo assim foi considerado para análise o PEM de 20 indivíduos no grupo ETCC anodal e 21 no grupo ETCC sham.



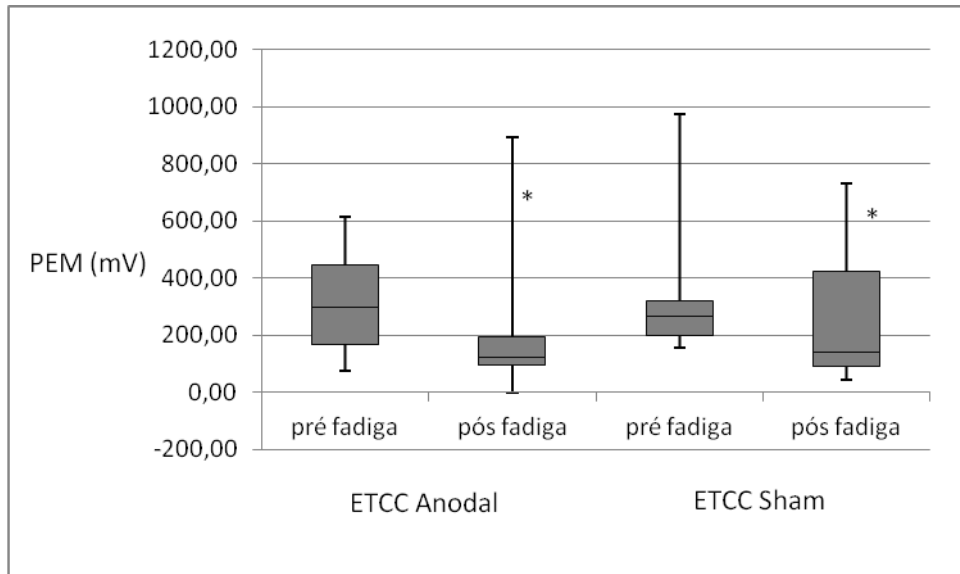


Figura 4. Gráfico dos resultados do Potencial evocado motor (PEM) (mV) de grupos ETCC anodal e ETCC sham, \* $p < 0,05$ .

Observa-se que houve diminuição de PEM após ETCC em ambos os grupos, sendo ETCC anodal ( $n=20$ ) pré fadiga 296,75(73,33/613,75)mV e pós fadiga 120(75/948,28)mV,  $p=0,05$ . E no grupo ETCC Sham ( $n=21$ ) pré fadiga 263,75(63,08/736,25)mV e pós fadiga 140(60/565,63)mV,  $p=0,03$ . Sem diferença significativa entre grupos ( $p= 0,98$ ).

Na tabela 3 estão apresentados os resultados do nível de lactato ( $\text{mmol.l}^{-1}$ ) pré (lactato 1), durante (lactato 2) e após 2 minutos do término do protocolo de fadiga (lactato 3).

**Tabela 3. Análise de lactato ( $n=26$ )**

	Lactato 1( $\text{mmol.l}^{-1}$ ) 1)	Lactato 2( $\text{mmol.l}^{-1}$ ) 1)	Lactato 3( $\text{mmol.l}^{-1}$ ) 1)
Grupo Ativo	2,37(1,02 - 5,49)	4,54(2,64 - 15,63)*	4,87(1,93 - 12,66)*
Grupo Sham	1,53(0,48-5,22)	3,91(0,84-13,11)*	4,74(0,90-12,57)*
p	0,66	0,049*	0,536

Legenda: Lactato pré protocolo de fadiga (Lactato 1); Lactato durante protocolo de fadiga (Lactato 2); Lactato após 2 minutos do término do protocolo de fadiga (Lactato 3) Dados expressos em Mediana e Intervalo Interquartil, \* $p < 0,05$ .

Na tabela 3 é possível observar que houve aumento significativo de lactato 2 e 3 comparado ao lactato 1 em ambos os grupos ( $p=0$ ). Sendo a diferença intergrupo significativa ( $p=0,049$ ) apenas para o lactato 2 em relação ao lactato 1

### **Percepção Subjetiva de Esforço**

A Percepção Subjetiva de Esforço aumentou significativamente ( $p=0$ ) em ambos grupos após protocolo de fadiga e ETCC, sem diferença significativa intergrupos ETCC anodal foi de 8(4/10) e após ETCC Sham 7,5(4/10), ( $p=0,56$ ).

### **Distúrbios de sono**

Os resultados do distúrbio de sono mostraram que 66,7% apresentavam qualidade de sono boa, 30% ruim e 3,3% apresentaram distúrbio de sono. A correlação de sono com resultados do pico de torque mostrou-se baixa em ambos grupos: anodal ( $\rho=0,386$ ) e sham ( $\rho=0,265$ ).

### **Efeitos adversos**

Os efeitos adversos relatados pelos indivíduos ( $n=26$ ) após ETCC anodal foram coceira ( $n=5$ ), dor ( $n=2$ ), queimação ( $n=6$ ), calor ( $n=6$ ), beliscão ( $n=2$ ), gosto de metal ( $n=3$ ), fadiga ( $n=7$ ). Após ETCC sham foram coceira ( $n=8$ ), dor ( $n=1$ ), queimação ( $n=5$ ), calor ( $n=4$ ), beliscão ( $n=3$ ), gosto de metal ( $n=2$ ), fadiga ( $n=8$ ).

### **Validação do cegamento**

Quanto a validação de cegamento apenas 6,66% dos indivíduos foram capazes de acertar a estimulação que estavam recebendo, portando a validação de cegamento foi eficaz no presente estudo.

## **DISCUSSÃO**

O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da ETCC ativa na fadiga central e periférica em corredores recreacionais. Observou-se que uma sessão de ETCC aplicada antes de um protocolo de fadiga não modificou os efeitos da fadiga do músculo

quadríceps tanto a nível central quanto periférico. Os resultados mostram que a ETCC não modificou pico de torque, resistência à fadiga, PEM, e PSE.

Após um protocolo de fadiga é esperada uma diminuição do pico de torque, pois em tarefas fatigantes essa diminuição ocorre por alterações fisiológicas como alteração na glicose do sangue, concentração de potássio extracelular, produção de hidrogênio, acúmulo de fosfato inorgânico e produção de radicais livres, aumento de temperatura corporal, aumento da percepção subjetiva de esforço que levam à diminuição na contratilidade muscular (Schlickmann & Caputo, 2012; Enoka & Duchateau, 2017). No entanto, nossa hipótese era que a ETCC anodal sobre hotspot do quadríceps poderia minimizar essa perda de força após o protocolo de fadiga, uma vez que a ETCC anodal modula a excitabilidade corticoespinhal capaz de induzir facilitação de recrutamento de unidade motora, induzindo a melhora de força muscular por meio de aumento do drive neuronal e diminuição da fadiga supraespinhal. (Tanaka *et al.*, 2009; Oki *et al.*, 2016; Vitor-Costa *et al.*, 2015; Williams *et al.*, 2013; Krishnan *et al.*, 2014).

O efeito da ETCC sobre o torque muscular foi demonstrado em estudo de Washabaugh *et al.* (2016) no qual realizaram uma aplicação de ETCC anodal, em hotspot de extensor de joelho, associada ao exercício físico (CVM isométrico) com estimulação, realizada em duas sessões, antes e durante o exercício físico (grupos randomizados) com aplicação de ETCC anodal e sham alternados por uma semana, os quais apresentou um maior aumento de pico de torque na aplicação com ETCC anodal durante o exercício comparado a aplicação em repouso, porém não apresentou diferença significativa na comparação entre ETCC sham e anodal. No entanto resultados de Giboin e Gruber (2018) corroboram com nossos resultados, no qual também não observaram efeitos da ETCC anodal sobre a produção de força extensores de joelho em indivíduos treinados, no entanto o protocolo foi diferente, eles realizaram 6 sessões de estimulação, após tarefa fatigante, dos quais foram divididos em dois experimentos, a qual em experimento 1 a aplicação de ETCC foi durante a tarefa fatigante e experimento 2 foi realizada antes da tarefa.

A resistência à fadiga, avaliada pelo número de contrações musculares até atingir 50% da CVM, foi analisada individualmente. Os resultados mostram que no grupo anodal com indivíduos que treinassem mais que cinco vezes por semana, o lactato 2 aumentou, o mesmo não ocorreu no grupo sham. Não foi observado diferença entre grupo ETCC anodal e sham. Em estudo de Angius *et al.* (2018) foi observado aumento significativo de tempo de falha muscular em cicloergômetro em indivíduos saudáveis com a aplicação de

ETCC anodal bilateral e eletrodos opostos em ombro ipsilateral quando comparado a ETCC catodal e sham.

Para a análise de PEM foram desconsiderados os que não atingissem os valores maiores que 50mV nos dias dos procedimentos, a qual o valor considerado abaixo do mínimo é uma variável fisiológica e pode ser considerado como uma inibição em resposta ao protocolo de fadiga. Dessa forma foi necessário excluir 13 indivíduos do grupo ativo (3 pré intervenção e 10 pós intervenção) e 12 indivíduos do grupo sham (3 indivíduos pré intervenção e 9 pós intervenção), portanto a avaliação foi de apenas 20 indivíduos no grupo ETCC anodal e 21 no ETCC sham.

No estudo atual o PEM diminui em ambos os grupos sem diferença significativa entre eles. Essa diminuição é esperada, pois após tarefas fatigantes ocorre diminuição de disparos na estimulação nos motoneurônios, esse mecanismo ainda não está claro, porém uma das hipóteses é que a inibição direta de motoneurônios, inibição pré sináptica do grupo aferente Ia e supraespinhais reduz a resposta do drive descendente (Taylor *et al.*, 2016). Além do que, durante tarefa fatigante em bicicleta, foi observado que o PEM não aumentou em extensores de joelho, aumentando a possibilidade de que há alterações neurais quando a fadiga está instalada (Sidhu *et al.*, 2012).

Abdemoula *et al.* (2016) verificaram a excitabilidade corticoespinhal após ETCC anodal aplicada em hotspot de bíceps braquial e eletrodo oposto em ombro direito, durante a fadiga neuromuscular de flexores de cotovelo. Como resultado observaram aumento significativo de amplitude de PEM na ETCC anodal em comparação com a sham. Angius *et al.* (2016) avaliaram o PEM de homens ativos após receberem ETCC anodal aplicada sobre córtex motor esquerdo e catodo em região supraorbital direito comparada a um grupo que recebeu ETCC anodal sobre córtex motor esquerdo e ombro contralateral. Os indivíduos que realizaram teste de exaustão isométrico de extensores de joelho direito antes ou após ETCC com montagem do anodo extracefálico apresentaram aumento do PEM com melhores resultados, os autores sugerem que a montagem extracefálica se faz mais efetiva que a cefálica. Talvez a montagem extracefálica deva ser mais explorada em estudos futuros.

Fizemos uma análise do nível de lactato em 3 momentos, pré (lactato 1), durante (lactato 2) e após 2 minutos do protocolo de fadiga (lactato 3). O objetivo desta análise foi porque este ácido é um marcador de índice de fadiga. Nas fibras musculares, o lactato tem papel de proteção durante a fadiga e mantém a excitabilidade muscular durante atividade intensa, pois o lactato aumenta para que não haja queda brusca de trifosfato de adenosina (ATP) em níveis críticos, evitando-se assim o dano muscular e estado de rigor

muscular (Nielsen *et al*, 2001; Pedersen *et al*, 2004). Para esta análise foram excluídos quatro indivíduos de ambos grupos, pois as amostras mostraram-se inadequadas. Foi observado um aumento de lactato significativo durante o protocolo de fadiga (lactato 2) em comparação ao 1 (basal) após receber estimulação ETCC anodal. Sugerindo que o aumento do lactato nos indivíduos que receberam a estimulação ativa apresentassem maior proteção contra a queda brusca de ATP para evitar suas consequências. Resultados semelhantes foram observados por Angius *et al.* (2019) após aplicarem ETCC anodal sobre córtex pré-frontal dorsolateral em indivíduos treinados em teste de exaustão em bicicleta. Como resultado verificaram aumento significativo de lactato, ocasionado pela duração do teste de exaustão que foi maior na ETCC anodal.

Coco *et al.* (2010) fizeram um experimento com intuito de verificar os efeitos dos altos níveis de lactato na excitabilidade do córtex motor. Para isso foram avaliados os níveis de lactato sanguíneo e excitabilidade cortical com EMT e concluíram que o aumento do lactato não é um causador de fadiga central. Os pesquisadores concluíram que nas duas condições, aumento de lactato induzido por exercício máximo e infusão de solução de lactato, o aumento de lactato estava associado com diminuição de limiar motor, dessa forma apresentando melhora de excitabilidade cortical motora, além do que os autores hipotetizaram que o aumento do lactato e limiar motor podem ser preventivos contra a fadiga. Outro estudo de Moscatelli *et al.* (2010) tentou verificar a relação do nível de lactato com a excitabilidade cortical. Para isso eles comparam a relação do lactato com excitabilidade de córtex motor entre indivíduos treinados e não treinados que realizaram atividade extenuante em bicicleta. Os resultados mostraram que houve maior aumento de excitabilidade cortical em indivíduos treinados quando comparados com indivíduos não treinados, porém houve aumento de lactato e excitabilidade cortical em ambos grupos. Parece que o aumento do lactato induz o aumento da excitabilidade cortical, porém não foi possível observar no presente estudo essa relação, pois houve aumento do lactato sem apresentar aumento da excitabilidade cortical.

Em relação à percepção subjetiva de esforço, os resultados do nosso estudo mostraram que os grupos apresentaram aumento da PSE, sem diferença significativa entre eles. Corroborando com nosso estudo Baldari *et al* (2018) compararam os efeitos da ETCC anodal, catodal e sham em área motora (M1) de corredores recreacionais durante teste incremental de rampa, e não observaram efeitos da ETCC sobre a PSE. Diferente de nossos resultados Williams *et al* (2013) observaram melhora da percepção subjetiva de esforço em indivíduos saudáveis após receberem ETCC anodal em hotspot de bíceps braquial e catodo em região

supra orbital esquerda, durante atividade fatigante com contração submáxima sustentada de flexores de cotovelo, com aplicação de ETCC anodal e sham, com intervalo de uma semana.

Como fator limitante de nosso estudo, dos 26 indivíduos avaliados, 20 foram considerados não respondedores à ETCC, após receberem estímulo de 5 minutos e avaliação realizada com EMT. Talvez isso possa ser um motivo por não termos observado diferença entre os grupos em nossos desfechos. Além disso, o fato de serem indivíduos praticantes de atividade física frequente, pode ser que o limiar de excitabilidade deles seja máximo ou a ETCC seja um concorrente no que se trata em melhora da excitabilidade cortical,

Singh *et al* (2014) relatam que o exercício aeróbio agudo de membros inferiores pode criar condições favoráveis para a plasticidade em M1 atuando na excitabilidade em outras regiões como a de membros superiores, avaliado com EMT, causando a modulação imediata e sustentada da facilitação intracortical e inibição de musculatura de membros superiores. Nesse estudo indica que o exercício atua na diminuição de inibição de M1, facilitando a indução de plasticidade.

Outros fatores limitantes do estudo foram a heterogeneidade dos indivíduos, pois tinham 6 corredores de 5 km, 8 de 10 e 12 de 21. Além disso históricos de vida e treinamento eram diferentes. A mesma dificuldade foi relatada por López-Alonso *et al.* (2015), a qual observou que há alta variabilidade interindividual na resposta à ETCC explicando a diferença de resultados.

Destaca-se também a dificuldade de aquisição do PEM do músculo quadríceps. Observamos muita dificuldade em atingir um sinal adequado para este músculo, possivelmente por se tratar de uma região mais profunda do córtex cerebral, a qual já foi mencionada em estudos de Groppa, Oliviero *et al.*(2012) e Rossini *et al.*(2015).

Importante lembrar que a fadiga é multifatorial (ENOKA &DUCHATEAU, 2017), uma noite mal dormida, muito trabalho nos dias que precederam as avaliações, estresse entre outros fatores.

Efeitos colaterais relatados foram coceira, dor, queimação, calor, gosto de metal, beliscão e fadiga que passaram em alguns minutos após a estimulação, esses dados vão em concordância com estudos prévios (Fertonani *et al*, 2015).

## CONCLUSÃO

Uma sessão de ETCC aplicada sobre a área motora cortical do músculo quadríceps não diminuiu ou retardou a fadiga central e periférica em corredores amadores após serem submetidos a um protocolo de fadiga. Porém, estudos ainda não exauriram toda sua complexidade e são necessários mais investigações quanto a esse assunto.

## ACKNOWLEDGMENTS

O apoio foi fornecido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Universidade Nove de Julho. O financiador não teve nenhum papel no desenho do estudo, coleta e análise dos dados, decisão de publicação ou preparação do manuscrito. Os autores não apresentam conflito de interesse.

## REFERÊNCIAS

Moscatelli F, Valenzano A, Petito A, Triggiani AI, Ciliberti MAP, Luongo L, Carotenuto M, Esposito M, Messina A, Monda V, Monda M, Capranica L, Messina G, Cibelli G. Relationship between blood lactate and cortical excitability between taekwondo athletes and non-athletes after hand-grip exercise. *Somatosens Mot Res.* 2016 Jun;33(2):137-44. doi: 10.1080/08990220.2016.1203305. Epub 2016 Jul 13. PMID: 27412765.

Fuziki, MK. *Corrida de rua: Fisiologia, treinamento e lesões.* 1.ed. São Paulo: Phorte editora, 2012.

Kluitenberg B, Middelkoop MV, Diercks RL, et al. The NLstart2runstudy: health effects of a running promotion program in novice runners, design of a prospective cohort study. *BMC Public Health*, 2013;13:685.

Gandevia SC. Spinal and supraspinal factor in human muscle fatigue. *Physiol Ver* 2001; 81: 1725-1789.

Kellis E, Zafeiridis A, Amiridis IG. Muscle coactivation before and after the impact phase of running following isokinetic fatigue. *Journal of Athletic Training*, 2011;46:11-19.

Taylor J, Amann M, Duchateau J, Meeusen R, Rice CL. Neural contributions to muscle fatigue: from the brain to the muscle and back again. *Med Sci Sports Exerc*, 2016;48, n.11:2294-2306.

Schlickmann J & Caputo F. Etiologia da fadiga muscular e ação dos alcalóides. **Rev Bras de Nutrição Esportiva**, v.6, n31, p.12-24, 2012.

Abdemoula A, Baudry S, Duchateau J. Anodal transcranial direct current stimulation enhances time to task failure of a submaximal contraction of elbow flexors without changing corticospinal excitability. *Neuroscience*, v.13, p. 94-103, 2016.

Angius L, et al., Bilateral extracephalic transcranial direct current stimulation improves endurance performance in healthy individuals, *Brain Stimulation* (2017), <https://doi.org/10.1016/j.brs.2017.09.017>

Edwards DJ, Cortes M, Wortman-Jutt S, Putrino D et al. Transcranial direct current stimulation and sports performance. *Frontier in human neuroscience*, 2017;11, n.243:1-4.

Antal A, Alekseichuk I, Bikson M, et al. Low intensity transcranial electric stimulation: Safety, ethical, legal regulatory and application guidelines. *Clin Neurophysiol*. 2017;128(9):1774-1809. doi:10.1016/j.clinph.2017.06.001

Schwendner KI, Mikesky AE, Wigglesworth JK, Burr DB. Recovery of dynamic muscle function following isokinetic fatigue testing. *Int J Sports Med*. 1995;16(3):185-189. doi:10.1055/s-2007-972989

Weltman, A. Prediction of Lactate Threshold and Fixed Blood Lactate Concentrations from 3200-m Running Performance in Male Runners. *International Journal Sports Medicine*. V.8, pp: 401-406, 1987.

Ghorayeb N, Costa RV, Castro I, Daher DJ, OLiveira Filho JA, Oliveira MA, et al. Sociedade Brasileira de Cardiologia. Guidelines on exercise and sports cardiology from the Brazilian Society of Cardiology and the Brazilian Society of Sports Medicine. *Arq Bras Cardiol*. v. 100, n.(1 Suppl. 2), p.1-41, 2013.

Biabani, Mana, Michael Farrell, Maryam Zoghi, Gary Egan, and Shapour Jaberzadeh. 2018. "The Minimal Number of TMS Trials Required for the Reliable Assessment of Corticospinal Excitability, Short Interval Intracortical Inhibition, and Intracortical Facilitation." *Neuroscience Letters* 674 (May): 94–100.

Borg G, Hassmén P, Lagerström M. Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1987;56(6):679–685. doi:10.1007/bf00424810

Bertolazi AN, Fagondes SC, Hoff LS, Dartora EG, Miozzo IC, de Barba ME, et al. Validation of the Brazilian Portuguese version of the Pittsburgh Sleep Quality Index. *Sleep Med*. 201;12(1):70-5.



Fertonani A, Ferrari C, Miniussi C. What do you feel if I apply transcranial electric stimulation? Safety, sensations and secondary induced effects. *Clin Neurophysiol.* 2015;126(11):2181-2188. doi:10.1016/j.clinph.2015.03.015

Enoka RM, Duchateau J. Translating Fatigue to Human Performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2016 Nov;48(11):2228-2238. doi: 10.1249/MSS.0000000000000929. PMID: 27015386; PMCID: PMC5035715.

Tanaka, S., Hanakawa, T., Honda, M., Watanabe, K., 2009. Enhancement of pinch force in the lower leg by anodal transcranial direct current stimulation. *Exp. Brain Res.* 196, 459–465. <https://doi.org/10.1007/s00221-009-1863-9>.

Oki, K., Mahato, N.K., Nakazawa, M., Amano, S., France, C.R., Russ, D.W., Clark, B.C., 2016. Preliminary evidence that excitatory transcranial direct current stimulation extends time to task failure of a sustained, submaximal muscular contraction in older adults. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.* 71, 1109–1112. <https://doi.org/10.1093/gerona/glw011>.

Vitor-costa M, Okuno NM, Bortolotti H, Bertollo M, Boggio PA, Fregni F, Altimari LR. Improving cycling performance: transcranial direct current stimulation increases time to exhaustion in cycling. **Plos one**, v.10, n.12, e.0144916, p.1-15, 2015.

Williams OS, Hoffman RL, Clark BC. Preliminary evidence that anodal direct current stimulation enhances time to task failure of a sustained submaximal contraction. **Plos One**, v.8,n.12, p.1-11,2013.

Krishnan, C., Ranganathan, R., Kantak, S. S., Dhaher, Y. Y., & Rymer, W.Z. (2014). Anodal transcranial direct current stimulation alters elbow flexor muscle recruitment strategies. *Brain Stimulation*, 7(3), 443–450. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2014.01.057>

Washabaugh EP, Santos L, Claflin ES, Krishnan C. Low-level intermittent quadriceps activity during transcranial direct current stimulation facilitates knee extensor force-generating capacity. *Neuroscience.* 2016 Aug 4;329:93-7. doi: 10.1016/j.neuroscience.2016.04.037. Epub 2016 Apr 30. PMID: 27138643.

Giboin LS, Gruber M. Anodal and cathodal transcranial direct current stimulation can decrease force output of knee extensors during an intermittent MVC fatiguing task in young healthy male participants. *J Neurosci Res.* 2018 Sep;96(9):1600-1609. doi: 10.1002/jnr.24254. Epub 2018 Apr 26. PMID: 29696675.

Angius L, Pascual-Leone A, Santarnecchi E. Brain stimulation and physical performance. *Prog Brain Res.* 2018;240:317-339. doi: 10.1016/bs.pbr.2018.07.010. Epub 2018 Oct 3. PMID: 30390837.

Taylor J, Amann M, Duchateau J, Meeusen R, Rice CL. Neural contributions to muscle fatigue: from the brain to the muscle and back again. **Med Sci Sports Exerc**, v.48, n.11, p.2294-2306, 2016.

Sidhu SK, Cresswell AG, Carroll TJ. Motor cortex excitability does not increase during sustained cycling exercise to volitional exhaustion. *J Appl Physiol* (1985). 2012; 113(3):401–9. [PubMed: 22678968]

Angius L, Pageaux B, Hopker J, Marcora SM, Mauger. Transcranial direct current stimulation improves isometric time to exhaustion of the knee extensors. **Neuroscience**, v.339, p. 363-375, 2016.

Nielsen OB, Paoli F, Overgaard K. Protective effects of lactic acid on force production in rat skeletal muscle. **J. Physiol**, v.536, n. 1, p.161-166, 2001.

Pedersen TH, Nielsen OB, Lamb GD, Stephenson DG. Intracellular acidosis enhances the excitability of working muscle. **Science**, v.305, p. 1144-1147, 2004.

Angius L, Santarnecchi E, Pascual-Leone A, Marcora SM. Transcranial Direct Current Stimulation over the Left Dorsolateral Prefrontal Cortex Improves Inhibitory Control and Endurance Performance in Healthy Individuals. *Neuroscience*. 2019 Nov 1;419:34-45. doi: 10.1016/j.neuroscience.2019.08.052. Epub 2019 Sep 5. PMID: 31493549.

Coco M, Alagona G, Rapisarda G, Costanzo E, Calogero RA, Perciavalle V, Perciavalle V. Elevated blood lactate is associated with increased motor cortex excitability. *Somatosens Mot Res.* 2010;27(1):1-8. doi: 10.3109/08990220903471765. PMID: 20141404.

Baldari C, Buzzachera CF, Vitor-Costa M, Gabardo JM, Bernardes AG, Altimari LR and Guidetti L (2018) Effect of Transcranial Direct Current Stimulation on Psychophysiological Responses to Maximal Incremental Exercise Test in Recreational Endurance Runners. *Front. Psychol.* 9:1867. doi: 10.3389/fpsyg.2018.01867

Singh, A. M., Duncan, R. E., Neva, J. L., & Staines, W. R. (2014). Aerobic exercise modulates intracortical inhibition and facilitation in a nonexercised upper limb muscle. *BMC sports science, medicine & rehabilitation*, 6, 23. <https://doi.org/10.1186/2052-1847-6-23>

López-Alonso V, Fernández-Del-Olmo M, Costantini A, Gonzalez-Henriquez JJ, Cheeran B. Intra-individual variability in the response to anodal transcranial direct current stimulation. *Clin Neurophysiol*. 2015 Dec;126(12):2342-7. doi: 10.1016/j.clinph.2015.03.022. Epub 2015 Apr 18. PMID: 25922127.

Groppa S, Oliviero A, Eisen A, Quartarone A, Cohen LG, Mall V, Kaelin-Lang A, Mima T, Rossi S, Thickbroom GW, Rossini PM, Ziemann U, Valls-Solé J, Siebner HR *Clin Neurophysiol*. 2012 May; 123(5):858-82.

Rossini PM, Burke D, Chen R, Cohen LG, Daskalakis Z, Di Iorio R, Di Lazzaro V, Ferreri F, Fitzgerald PB, George MS, Hallett M, Lefaucheur JP, Langguth B, Matsumoto H, Miniussi C, Nitsche MA, Pascual-Leone A, Paulus W, Rossi S, Rothwell JC, Siebner HR, Ugawa Y, Walsh V, Ziemann U *Clin Neurophysiol*. 2015 Jun; 126(6):1071-1107.

## 10. ANEXOS

### ANEXO I – TABELA DE TESTE ERGOESPIROMÉTRICO VO<sub>2</sub>MAX – AMERICAN HEART ASSOCIATION (AHA)

<b>MULHERES</b>					
<b>IDADE</b>	<b>Muito Fraca</b>	<b>Fraca</b>	<b>Regular</b>	<b>Boa</b>	<b>Excelente</b>
<b>20-29</b>	<24	24-30	31-37	38-48	>49
<b>30-39</b>	<20	20-27	28-33	34-44	>45
<b>40-49</b>	<17	17-23	24-30	31-41	>42
<b>50-59</b>	<15	15-20	21-27	28-37	>38
<b>60-69</b>	<13	13-17	18-23	24-34	>35
<b>HOMENS</b>					
<b>IDADE</b>	<b>Muito Fraca</b>	<b>Fraca</b>	<b>Regular</b>	<b>Boa</b>	<b>Excelente</b>
<b>20-29</b>	<25	25-33	34-42	43-52	>52
<b>30-39</b>	<23	23-30	31-38	39-48	>49
<b>40-49</b>	<20	20-26	27-35	36-44	>45
<b>50-59</b>	<18	18-24	25-33	34-42	>43
<b>60-69</b>	<16	16-22	23-30	31-40	>41

(Ghorayeb *et al*, 2013).

**ANEXO II – ESCALA CR10 DE BORG**

<b>Classificação</b>	<b>Descritor</b>
0	Repouso
0,5	Extremamente fácil
1	Muito, muito fácil
2	Fácil
3	Moderado
4	Um pouco difícil
5	Difícil
6	–
7	Muito difícil
8	–
9	–
10	Extremamente difícil

## ANEXO III – ÍNDICE DE QUALIDADE DE SONO PITTSBURG

## Qualidade de sono de Pittsburgh (PSQI-BR)

Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_

Dados: \_\_\_\_\_

*Instruções:*

As seguintes perguntas são relacionadas aos seus hábitos de sono durante o **último mês somente**. Suas respostas devem indicar uma lembrança mais exata da **maioria** dos dias e noites do último mês. Por favor, responda a todas as perguntas.

<p>1. Durante o último mês, quando você costumava ir para a cama à noite? Hora usual de deitar _____</p> <p>2. Durante o último mês, quanto tempo (em minutos) você costuma levar para dormir à noite? Número de minutos _____</p> <p>3. Durante o último mês, quando você geralmente levantou de manhã? Hora usual de levantar _____</p> <p>4. Durante o último mês, quantas horas de sono você teve por noite? (Pode ser diferente o número de horas que você ficou na cama). Horas de sono por noite _____</p> <p>Para cada uma das questões restantes, marque a <b>melhor (uma)</b> resposta. Por favor, responda a todas as questões.</p> <p>5. Durante o último mês, com que você <b>teve dificuldade em dormir</b> porque você ...</p> <p>a) Não conseguiu adormecer em até 30 minutos:</p>	<p>( ) 1 ou 2 vezes / semana.</p> <p>( ) 3 ou mais vezes / semana.</p> <p>e) Tossiu ou roncou forte:</p> <p>( ) Nenhum no último mês.</p> <p>( ) Menos de 1 vez / semana.</p> <p>( ) 1 ou 2 vezes / semana.</p> <p>( ) 3 ou mais vezes / semana.</p> <p>f) Sentiu muito frio</p> <p>( ) Nenhum no último mês.</p> <p>( ) Menos de 1 vez / semana.</p> <p>( ) 1 ou 2 vezes / semana.</p> <p>( ) 3 ou mais vezes / semana.</p> <p>g) Sentiu muito calor:</p> <p>( ) Nenhum no último mês.</p> <p>( ) Menos de 1 vez / semana.</p> <p>( ) 1 ou 2 vezes / semana.</p> <p>( ) 3 ou mais vezes / semana.</p> <p>h) Teve pesadelos:</p> <p>( ) Nenhum no último mês.</p> <p>( ) Menos de 1 vez / semana.</p> <p>( ) 1 ou 2 vezes / semana.</p> <p>( ) 3 ou mais vezes / semana.</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>( ) Nenhum no último mês.</p> <p>( ) Menos de 1 vez / semana.</p> <p>( ) 1 ou 2 vezes / semana.</p> <p>( ) 3 ou mais vezes / semana.</p> <p>b) Acordou no meio da noite ou de manhã cedo:</p> <p>( ) Nenhum no último mês.</p> <p>( ) Menos de 1 vez / semana.</p> <p>( ) 1 ou 2 vezes / semana.</p> <p>( ) 3 ou mais vezes / semana.</p> <p>c) Precisamente levantar para ir ao banheiro:</p> <p>( ) Nenhum no último mês.</p> <p>( ) Menos de 1 vez / semana.</p> <p>( ) 1 ou 2 vezes / semana.</p> <p>( ) 3 ou mais vezes / semana.</p> <p>d) Não conseguiu respirar confortavelmente:</p> <p>( ) Nenhum no último mês.</p> <p>( ) Menos de 1 vez / semana.</p>	<p>(i) Teve dor:</p> <p>( ) Nenhum no último mês.</p> <p>( ) Menos de 1 vez / semana.</p> <p>( ) 1 ou 2 vezes / semana.</p> <p>( ) 3 ou mais vezes / semana.</p> <p>j) Outra (s) razão (ões), por favor descreva</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Com que frequência, durante o último mês, você teve dificuldade para dormir devido a essa razão?</p> <p>( ) Nenhum no último mês.</p> <p>( ) Menos de 1 vez / semana.</p> <p>( ) 1 ou 2 vezes / semana.</p> <p>( ) 3 ou mais vezes / semana.</p> <p>6. Durante o último mês, como você classifica a qualidade do seu sono de uma maneira geral?</p> <p>( ) Muito boa.</p> <p>( ) Boa.</p> <p>( ) Ruim.</p> <p>( ) Muito ruim.</p>
<p>7. Durante o último mês, com que frequência você tomou medicamento (prescrito ou “por conta própria”) para lhe ajudar a dormir?</p> <p>( ) Nenhuma no último mês.</p> <p>( ) Menos de 1 vez/ semana.</p> <p>( ) 1 ou 2 vezes/ semana.</p> <p>( ) 3 ou mais vezes/ semana.</p> <p>8. No último mês, com que frequência você teve dificuldade de ficar acordado enquanto</p>	<p>Se você tem um parceiro ou colega de quarto, pergunte a ele/ela com que frequência, no último mês, você teve ...</p> <p>(a) Ronco forte:</p> <p>( ) Nenhuma no último mês.</p> <p>( ) Menos de 1 vez/ semana.</p> <p>( ) 1 ou 2 vezes/ semana.</p> <p>( ) 3 ou mais vezes/ semana.</p> <p>(b) Longas paradas na respiração</p>

<p>dirigia, comia ou participava de uma atividade social (festa, reunião de amigos, trabalho, estudo)?</p> <p>( ) Nenhuma no último mês.</p> <p>( ) Menos de 1 vez/ semana.</p> <p>( ) 1 ou 2 vezes/ semana.</p> <p>( ) 3 ou mais vezes/ semana.</p> <p>9. Durante o último mês, quão problemático foi para você manter o entusiasmo (ânimo) para fazer as coisas (suas atividades habituais)?</p> <p>( ) Nenhuma dificuldade.</p> <p>( ) Um problema leve.</p> <p>( ) Um problema razoável.</p> <p>( ) Um grande problema.</p> <p>10. Você tem um(a) parceiro [esposo(a)] ou colega de quarto?</p> <p>( ) Não.</p> <p>( ) Parceiro ou colega, mas em outro quarto.</p> <p>( ) Parceiro no mesmo quarto, mas não na mesma cama.</p> <p>( ) Parceiro na mesma cama.</p>	<p>enquanto dormia</p> <p>( ) Nenhuma no último mês.</p> <p>( ) Menos de 1 vez/ semana.</p> <p>( ) 1 ou 2 vezes/ semana.</p> <p>( ) 3 ou mais vezes/ semana.</p> <p>(c) Contrações ou puxões nas pernas enquanto você dormia</p> <p>( ) Nenhuma no último mês.</p> <p>( ) Menos de 1 vez/ semana.</p> <p>( ) 1 ou 2 vezes/ semana.</p> <p>( ) 3 ou mais vezes/ semana.</p> <p>(d) Episódios de desorientação ou confusão durante o sono</p> <p>( ) Nenhuma no último mês.</p> <p>( ) Menos de 1 vez/ semana.</p> <p>( ) 1 ou 2 vezes/ semana.</p> <p>( ) 3 ou mais vezes/ semana.</p> <p>(e) Outras alterações (inquietações) enquanto você dorme; por favor, descreva</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>( ) Nenhuma no último mês</p> <p>( ) Menos de 1 vez/ semana.</p> <p>( ) 1 ou 2 vezes/ semana.</p> <p>( ) 3 ou mais vezes/ semana.</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



## ANEXO IV – VALIDAÇÃO DE CEGAMENTO

**Nome:**

**Data:**

**Entrevistador:**

**Número no banco:**

<b>Validação Cegamento Estimulação Central</b>	
<b>1. Qual tipo de tratamento você recebeu?</b>	
	<input type="checkbox"/> estimulação placebo
	<input type="checkbox"/> estimulação ativa
<b>2. Qual o grau de confiança no tratamento que você recebeu?</b>	
	<input type="checkbox"/> 1, não sinto confiança
	<input type="checkbox"/> 2. Pouco confiança
	<input type="checkbox"/> 3. Confiança moderada
	<input type="checkbox"/> 4 confiante
	<input type="checkbox"/> 5, totalmente confiante

## ANEXO V – QUESTIONÁRIO DE EFEITOS ADVERSOS

## QUESTIONÁRIO DE EFEITOS ADVERSOS

**Nome:** \_\_\_\_\_

**Data:** \_\_\_\_\_

Você teve alguma experiência desconfortável ou incômoda durante a estimulação? Por favor, responda ao questionário abaixo de acordo com as sensações e indique o nível de intensidade de desconforto conforme seguinte escala:

Nenhuma – Não tive nenhuma sensação descrita (0)

Médio – Eu tive sensação média descrita (1)

Moderado – Eu tive a sensação descrita (2)

Considerável – Eu tive a sensação descrita em um nível considerável (3)

Forte – Eu tive a sensação descrita em um nível forte (4)

### No primeiro bloco de estímulo:

Cocceira	<input type="checkbox"/> Nenhuma	<input type="checkbox"/> Médio	<input type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Considerável	<input type="checkbox"/> Forte
Dor	<input type="checkbox"/> Nenhuma	<input type="checkbox"/> Médio	<input type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Considerável	<input type="checkbox"/> Forte
Queimação	<input type="checkbox"/> Nenhuma	<input type="checkbox"/> Médio	<input type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Considerável	<input type="checkbox"/> Forte
Calor	<input type="checkbox"/> Nenhuma	<input type="checkbox"/> Médio	<input type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Considerável	<input type="checkbox"/> Forte
Beliscão	<input type="checkbox"/> Nenhuma	<input type="checkbox"/> Médio	<input type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Considerável	<input type="checkbox"/> Forte
Gosto de metal	<input type="checkbox"/> Nenhuma	<input type="checkbox"/> Médio	<input type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Considerável	<input type="checkbox"/> Forte
Fadiga	<input type="checkbox"/> Nenhuma	<input type="checkbox"/> Médio	<input type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Considerável	<input type="checkbox"/> Forte
Outro: _____	<input type="checkbox"/> Nenhuma	<input type="checkbox"/> Médio	<input type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Considerável	<input type="checkbox"/> Forte

Quando esse desconforto iniciou?

- No início do bloco
- No meio do bloco
- No fim do bloco

Quanto tempo esse desconforto durou?

- Parou rapidamente
- Parou no meio do bloco
- Parou no fim do bloco

Quanto essa sensação afetou seu desempenho?

- Nada

- ( ) Levemente  
 ( ) Consideravelmente  
 ( ) Muito  
 ( ) MUITÍSSIMO

Localize onde ocorreu a sensação está localizado sobre a cabeça ou outra região

- ( ) Na cabeça  
 ( ) Outra região: \_\_\_\_\_

**No primeiro bloco de estímulo:**

Cocera	( ) Nenhuma	( ) Médio	( ) Moderado	( ) Considerável	( ) Forte
Dor	( ) Nenhuma	( ) Médio	( ) Moderado	( ) Considerável	( ) Forte
Queimação	( ) Nenhuma	( ) Médio	( ) Moderado	( ) Considerável	( ) Forte
Calor	( ) Nenhuma	( ) Médio	( ) Moderado	( ) Considerável	( ) Forte
Beliscão	( ) Nenhuma	( ) Médio	( ) Moderado	( ) Considerável	( ) Forte
Gosto de metal	( ) Nenhuma	( ) Médio	( ) Moderado	( ) Considerável	( ) Forte
Fadiga	( ) Nenhuma	( ) Médio	( ) Moderado	( ) Considerável	( ) Forte
Outro: _____	( ) Nenhuma	( ) Médio	( ) Moderado	( ) Considerável	( ) Forte

Quando esse desconforto iniciou?

- ( ) No início do bloco  
 ( ) No meio do bloco  
 ( ) No fim do bloco

Quanto tempo esse desconforto durou?

- ( ) Parou rapidamente  
 ( ) Parou no meio do bloco  
 ( ) Parou no meio do bloco

Quanto essa sensação afetou seu desempenho?

- ( ) Nada  
 ( ) Levemente  
 ( ) Consideravelmente  
 ( ) Muito  
 ( ) MUITÍSSIMO

Localize onde ocorreu a sensação está localizado sobre a cabeça ou outra região

- ( ) Na cabeça

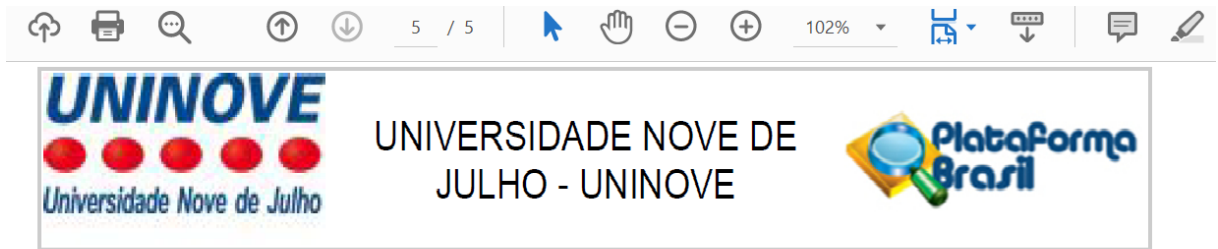
( ) Outra região: \_\_\_\_\_

Você acredita que recebeu uma estimulação real ou placebo?

No primeiro dia de estimulação: ( ) real ( ) placebo ( ) Não sei

No segundo dia de estimulação: ( ) real ( ) placebo ( ) Não sei

#### ANEXO VI- ACEITE DE COMITÊ DE ÉTICA



Continuação do Parecer: 3.911.530

Infraestrutura	CARTAAUENCIAUFABC.pdf	20/12/2019 11:44:06	LAURA YUKIKO UEHARA	Aceito
Folha de Rosto	FolhadeRosto_Laura_22102019_13562 1.pdf	01/12/2019 16:50:45	LAURA YUKIKO UEHARA	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.pdf	01/12/2019 15:54:22	LAURA YUKIKO UEHARA	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

SAO PAULO, 11 de Março de 2020