

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
CURSO DE BACHARELADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

LETICIA PEREIRA VENANCIO DALLAN

**COMPARAÇÃO ENTRE O COMPORTAMENTO DA FADIGA CENTRAL E
PERIFÉRICA NO DOMÍNIO EXTREMO E SEVERO DE EXERCÍCIO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2019

LETICIA PEREIRA VENANCIO DALLAN

**COMPARAÇÃO ENTRE O COMPORTAMENTO DA FADIGA CENTRAL E
PERIFÉRICA NO DOMÍNIO EXTREMO E SEVERO DE EXERCÍCIO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Bacharelado em Educação Física do Departamento Acadêmico de Educação Física - DAEFI da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Eduardo Lima da Silva.

CURITIBA

2019



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná
Câmpus Curitiba
Diretoria de Graduação e Educação
Profissional
Departamento de Educação Física
Bacharelado em Educação Física



TERMO DE APROVAÇÃO

COMPARAÇÃO ENTRE O COMPORTAMENTO DA FADIGA CENTRAL E PERIFÉRICA NO DOMÍNIO EXTREMO E SEVERO DE EXERCÍCIO

Por

Leticia Pereira Venancio Dallan

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 12 de Novembro de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharelado em Educação Física. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **aprovado**.

Prof. Dr. Adriano Eduardo Lima da Silva
Orientador

Profa. Dra. Angelica Miki Stein
Membro titular

Prof. Dr. Gleber Pereira
Membro titular

* O Termo de Aprovação assinado encontra-se na coordenação do curso.

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, que sempre me conduziu em amor.

Ao meu marido, Bruno, pelo apoio em todos os meus sonhos e projetos, muito antes da graduação.

Aos meus pais, Flávio e Cintia, que estiveram ao meu lado nos momentos mais importantes da minha vida.

Ao meu orientador, Professor Adriano, por oferecer todo o suporte necessário para o trabalho, pela dedicação e por ser um grande exemplo para a minha formação profissional.

As minhas colegas de laboratório, Gisa e Ana, pela ajuda em todas as coletas.

RESUMO

O fenômeno da diminuição do desempenho muscular durante um exercício pode ser atribuído a fadiga central ou periférica. Estudos apontam quais os mecanismos predominantes da fadiga em três domínios de intensidade do exercício: moderado, pesado e severo. A respeito do último domínio, denominado extremo, não há evidências científicas demonstrando qual mecanismo de fadiga é predominante. Este estudo investigou o comportamento da fadiga no domínio extremo e o comparou com o domínio severo. Nove mulheres realizaram: Dia 1 - um teste incremental máximo; Dia 2 - um teste de familiarização; Dia 3, 4 e 5 - testes de carga constante para determinar a potência crítica; Dia 6 e 7 - testes experimentais, sendo um no domínio severo (isto é, 10% acima da potência crítica) e outro no extremo (140% da carga máxima atingida no teste incremental). A função neuromuscular foi avaliada antes e imediatamente após cada teste. Não houve alteração na ativação voluntária ($p > 0,05$) pós-exercício em ambos os domínios. A contração voluntária máxima reduziu após o exercício ($p = 0,001$) em ambos os domínios de exercício, indicando o desenvolvimento de fadiga global em ambos. As variáveis indicadoras de fadiga periférica Q_{tw10} e Q_{tw100} reduziram significativamente após o exercício, independentemente do domínio ($p = 0,001$). Em conclusão, o exercício realizado no domínio extremo apresentou o mesmo modelo de fadiga encontrado em exercícios no domínio severo, ou seja, sem fadiga central e apenas fadiga periférica.

Palavras-chave: Fadiga neuromuscular. Domínios metabólicos. Parâmetros neuromusculares. Desempenho.

ABSTRACT

The reduction in muscle performance during an exercise can be attributed to central or peripheral fatigue. Studies have determined the origin of fatigue in three exercise-intensity domains: moderate, heavy and severe. However, there is no scientific evidence indicating the mechanism of fatigue in the extreme-intensity domain. This study investigated the fatigue development after the extreme-intensity domain in comparison to the severe-intensity domain. Nine women performed: Day 1 - a maximal incremental; Day 2 - a familiarization test; Day 3, 4 and 5 - three constant-load exercise trials to determine critical power; Day 6 and 7 - experimental trials, one in the severe-intensity domain (10% above critical power) and another one in the extreme-intensity domain (140% of maximal power output obtained in the incremental test). Neuromuscular function was assessed before and immediately after each trial. There was no alteration in voluntary activation ($p > 0.05$) post-exercise in both domains. The MVC decreased after exercise ($p = 0.001$) in both exercise domains, indicating global fatigue for both. The peripheral markers Q_{tw10} and Q_{tw100} significantly reduced after both exercise domains ($p = 0.001$). In conclusion, the exercise performed in the extreme domain presented the same model of fatigue found in exercises in the severe domain, that is, no central fatigue and only peripheral fatigue.

Keywords: Neuromuscular fatigue. Metabolic domains. Neuromuscular parameters. Performance.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVOS	10
1.1.1	10
1.1.2 Objetivos Específicos.....	10
2. DESENVOLVIMENTO	11
2.1 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1.1 Domínios Metabólicos.....	11
2.1.2 Potência Crítica.....	12
2.1.3 Fadiga Neuromuscular	13
2.1.4 Fadiga Central.....	14
2.1.5 Fadiga Periférica	15
2.1.6 Fadiga durante exercício no domínio pesado, moderado, severo e extremo	17
3. METODOLOGIA	19
3.1 TIPO DE ESTUDO	19
3.2 LOCAL DA PESQUISA	19
3.3 AMOSTRA.....	20
3.3.1 Critérios de inclusão e exclusão	20
3.4 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS.....	20
3.4.1 Desenho Experimental.....	20
3.4.2 Avaliação Antropométrica	21
3.4.3 Teste Incremental	21
3.4.4 Testes de Determinação da Potência Crítica	22
3.4.5 Testes Experimentais	23
3.4.6 Avaliação da Função Neuromuscular	23

3.4.7 Eletromiografia.....	24
3.5 VARIÁVEIS DE ESTUDO.....	25
3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	25
4. RESULTADOS	25
5. DISCUSSÃO.....	29
6. CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS.....	31
APÊNDICE	36
ANEXO.....	42

1. INTRODUÇÃO

Durante o exercício físico predominantemente aeróbio, a capacidade de gerar força pelo músculo esquelético diminui progressivamente até que o indivíduo não seja mais capaz de executar a tarefa, o que é chamado de exaustão (TAYLOR et al., 2016). O término do exercício extenuante parece coincidir com um elevado nível de fadiga (BLACK et al., 2017). A fadiga durante o exercício é desenvolvida através de alterações tanto centrais, quanto periféricas (AMANN, 2011; GANDEVIA, 2001). Fadiga central compreende uma falha do sistema nervoso central (SNC) em recrutar as unidades motoras necessárias para a execução da tarefa (AMANN, 2011). Fadiga periférica, por sua vez, pode ser entendida pelo processo que ocorre dentro do músculo, principalmente acúmulo intracelular de metabólitos como íons de hidrogênio (H^+) e fosfato inorgânico intramuscular (Pi), e potássio extracelular (K^+), levando a uma resposta refreada à excitação neural (MACINTOSH; SHAHI, 2010).

A predominância da fadiga, de origem mais central ou periférica, é dependente da intensidade em que o exercício é realizado (BURNLEY; JONES, 2018). A intensidade de exercício pode ser subdividida em quatro domínios de esforço, sendo eles: moderado, pesado, severo e extremo. O primeiro é caracterizado por intensidades de exercício abaixo do limiar de lactato (LT) ou limiar de trocas gasosas (GET), desenvolvendo fadiga de maneira lenta e de origem central predominantemente (ENOKA; STUART, 1992; BURNLEY; JONES, 2018). No domínio pesado, onde a intensidade excede o LT/GET, mas permanece abaixo da potência crítica (PC), a fadiga é oriunda tanto de mecanismos centrais, quanto periféricos (BURNLEY; JONES, 2018). A fadiga periférica no domínio pesado é progressiva com o passar do tempo; enquanto a fadiga periférica se desenvolve, o SNC aumenta o recrutamento de unidades motoras adicionais (MACINTOSH; SHAHI, 2010), como inferidos pelo aumento da atividade eletromiográfica (EMG), o que leva a um considerável grau de fadiga central no momento da exaustão (BURNLEY; JONES, 2018). No domínio de intensidade severa, caracterizado por estar entre a PC e o consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_2max$), a fadiga periférica é

prevalente, apresentando um desenvolvimento linear em função do tempo de exercício, atingindo níveis mais elevados do que no domínio pesado (BURNLEY; VANHATALO; JONES, 2012; JONES et al., 2008). Em contrapartida, pouca ou quase nenhuma fadiga central é documentada nesse domínio (BURNLEY; JONES, 2018).

A participação da fadiga central e periférica na ocorrência da exaustão está bem determinada nos domínios descritos acima. Entretanto, no domínio extremo não se sabe quais desses processos são predominantes. No domínio extremo, a intensidade de exercício é tão elevada que a exaustão ocorre antes mesmo do indivíduo atingir seu $\dot{V}O_2\text{max}$, isto é, antes que o metabolismo oxidativo atinja sua máxima atividade (HILL; POOLE; SMITH, 2002; BURNLEY; JONES, 2018). De acordo com as características desse domínio, a potência extrema impossibilita que o indivíduo mantenha o exercício por um longo período, o que por hipótese poderia reduzir o acúmulo de metabólitos intramuscular e, conseqüentemente, o desenvolvimento de fadiga periférica. A elevada carga de trabalho exige do SNC um amplo esforço em recrutar unidades motoras para manter as contrações musculares no ritmo necessário, o que poderia levar a uma falha do SNC durante a tarefa, aumentando assim o desenvolvimento de fadiga central. Acredita-se então que haverá maior incidência de fadiga central e menor incidência de fadiga periférica em comparação ao domínio severo. Embora seja uma hipótese atraente, nenhuma evidência experimental existe acerca dessa questão.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Comparar a contribuição de fatores centrais e periféricos no desenvolvimento de fadiga neuromuscular no domínio extremo de intensidade de exercício, e comparar com o domínio severo.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Comparar a contribuição da fadiga central e periférica no domínio severo.
- b) Comparar a contribuição da fadiga central e periférica no domínio extremo.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 REFERENCIAL TEÓRICO

A resposta bioenergética durante um exercício de carga constante é diferente de acordo com a intensidade em que a tarefa é realizada (BURNLEY; JONES, 2007; GAESSER; POOLE, 1996). Dessa forma, a fadiga é um parâmetro dependente destas intensidades, mais conhecidas como domínios metabólicos, e desenvolve-se através de diferentes mecanismos (AMANN, 2011; GANDEVIA, 2001). Para efeito de revisão foram discutidos nos tópicos abaixo estudos que explicam as principais características dos diferentes domínios metabólicos, aprofundando conceitos de fadiga neuromuscular, de potência crítica e de desenvolvimento de fadiga nos respectivos domínios metabólicos.

2.1.1 Domínios Metabólicos

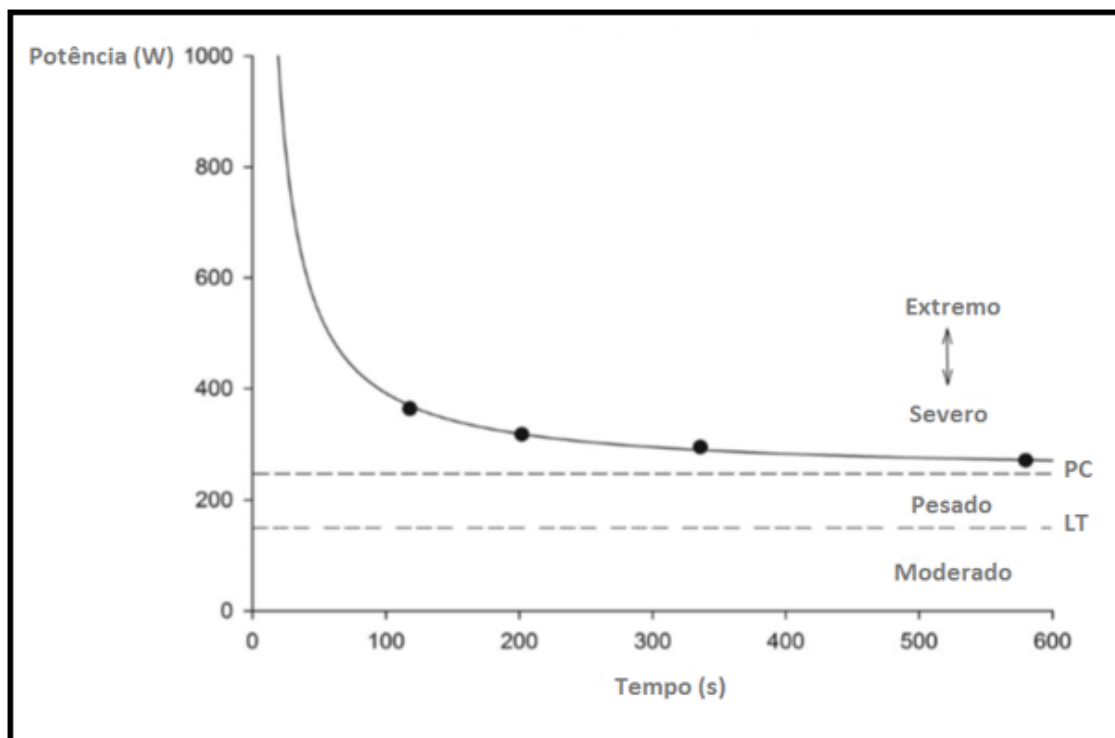
Até o momento a literatura aponta quatro domínios de intensidade do exercício, determinados a partir da identificação de limiares de transição fisiológica, sendo eles: domínio moderado, pesado, severo e extremo (BURNLEY; JONES, 2018). O domínio de intensidade moderado é característico dos exercícios realizados abaixo do LT ou GET, alcançando estabilidade metabólica entre os primeiros minutos de exercício. O domínio de intensidade pesado abrange as tarefas realizadas entre o LT ou GET e a PC, e alcança estabilidade metabólica com um maior tempo de exercício, entre 10 e 20 minutos de exercício. O domínio de intensidade severo compreende exercícios realizados acima PC e uma das principais características é a não estabilização de variáveis metabólicas, o consumo de oxigênio (O_2) aumenta até que o indivíduo atinja seus valores máximos ($\dot{V}O_{2max}$) (POOLE et al., 2016). O domínio de intensidade extremo é caracterizado por exercícios

realizados acima do $\dot{V}O_2\text{max}$. Como não há uma variável fisiológica que delimite o domínio severo do domínio extremo, sabe-se que, quando a exaustão ocorre antes que o metabolismo oxidativo do indivíduo alcance sua máxima atividade, o exercício encontrava-se no domínio extremo (BURNLEY; JONES, 2018). Sabe-se que o desenvolvimento de fadiga é bem estabelecido para os três primeiros domínios e pouco se sabe sobre seu desenvolvimento no domínio extremo.

2.1.2 Potência Crítica

A literatura tem apontado que um método eficiente para identificar os domínios metabólicos do exercício é através da determinação da PC e do GET. A potência crítica é identificada como a assíntota da hipérbole da relação potência-tempo (Figura 1) e representa a maior taxa metabólica que pode ser mantida em um estado fisiológico estável. Ou seja, é um limiar que delimita os domínios de intensidade de exercício onde as respostas metabólicas podem ser estabilizadas (<PC), compreendendo os domínios moderado e pesado, ou não podem ser estabilizadas (>PC), compreendendo os domínios severo e extremo (BURNLEY; JONES, 2018; POOLE et al., 2016; VANHATALO et al., 2016). A curvatura constante da hipérbole (W') representa uma quantidade disponível de energia, porém limitada, para a realização das tarefas acima da PC (POOLE et al., 2016).

Figura 1 — Curva hiperbólica da relação potência e tempo que define o limiar de transição entre os domínios.



Fonte: Adaptado de Poole et al., 2016.

Legenda: PC: potência crítica, LT: limiar de lactato.

2.1.3 Fadiga Neuromuscular

A fadiga é um processo gradativo durante o exercício intenso que envolve mecanismos tanto centrais quanto periféricos e dificulta a capacidade de gerar força pelo músculo (ENOKA; DUCHATEAU, 2008). Esse processo é multifatorial, não linear e dinâmico, atuando em conjunto com as esferas fisiológicas e psicológicas, e também com o ambiente externo (NOAKES, 2012). Embora muitas vezes tratados de maneira semelhante, fadiga e exaustão são conceitos diferentes. Enquanto a fadiga é desenvolvida ao longo do exercício, a exaustão é identificada como o ponto onde a fadiga, juntamente com os seus sintomas, causam intolerância ao exercício e cessam sua realização (POOLE et al., 2016).

Os mecanismos fisiológicos que provocam a fadiga podem ser centrais e/ou periféricos, de acordo com as características envolvidas na contração muscular (GANDEVIA, 2001). Embora haja uma divisão didática para o entendimento dos mecanismos de fadiga, os processos estão vinculados, uma vez que o recrutamento das fibras musculares depende do comando motor central que, por sua vez, é estimulado ou inibido pelos reflexos dos músculos (ALLEN; LAMB; WESTERBLAD, 2008).

2.1.4 Fadiga Central

A fadiga central envolve processos neurais da contração muscular e é entendida como uma falha do SNC em enviar informações aos motoneurônios, dificultando o recrutamento de unidades motoras (UM) necessárias para a realização da tarefa (AMANN, 2011). Essa falha caracteriza uma diminuição na força de contração voluntária máxima (CVM) sem diminuição similar na força máxima evocada por um estímulo elétrico (GANDEVIA, 2001; VØLLESTAD, 1997). Essa ideia parte do pressuposto que devido a fadiga central, os motoneurônios são parcialmente ativados de forma voluntária durante uma CVM, reduzindo o máximo de força possível.

O grau de fadiga central pode ser mensurado através da técnica de interpolação de estímulos (MERTON, 1954), também conhecida como estimulação elétrica (EE). Essa técnica consiste em aplicar um estímulo no nervo durante uma CVM. Assim, é possível alcançar a máxima ativação através da força máxima evocada, ou seja, durante uma CVM a taxa de disparo dos motoneurônios aumenta devido a um estímulo elétrico sobreposto a contração voluntária. Essa estimulação excita os axônios inativos e posteriormente as fibras não recrutadas, provocando uma força extra de contração (ALLEN; GANDEVIA; MCKENZIE, 1995; GANDEVIA; MCKENZIE, 1988; MERTON, 1954). O nível de ativação voluntária (AV) do quadríceps será calculado pela equação:

$$AV (\%) = (100 - D * [\text{força antes do estímulo}/\text{força máxima}] / Q_{tw100} * 100) (1)$$

Onde D representa a diferença entre a força evocada pelo estímulo sobreposto e a força antes do estímulo (STROJNIK; KOMI, 1998). A CVM será considerada a média dos 250 ms durante o pico de força antes da aplicação do estímulo sobreposto.

Taxas muito altas de disparos pelo córtex motor ou sustentações desses disparos por um período longo de tempo possibilitam maior incidência de fadiga central, conseqüentemente causando a redução desses disparos pelo córtex motor (POOLE et al., 2016). Também, alterações metabólicas intramusculares durante o exercício como o aumento de H^+ e K^+ ativam os neurônios sensoriais das fibras nervosas do grupo III e IV. De acordo com a produção de metabólitos, os neurônios aumentam sua atividade de modo aferente e causam efeito inibitório, diminuindo a taxa de disparos do comando motor central para os motoneurônios a fim de evitar possíveis catástrofes metabólicas (BLAIN et al., 2016).

2.1.5 Fadiga Periférica

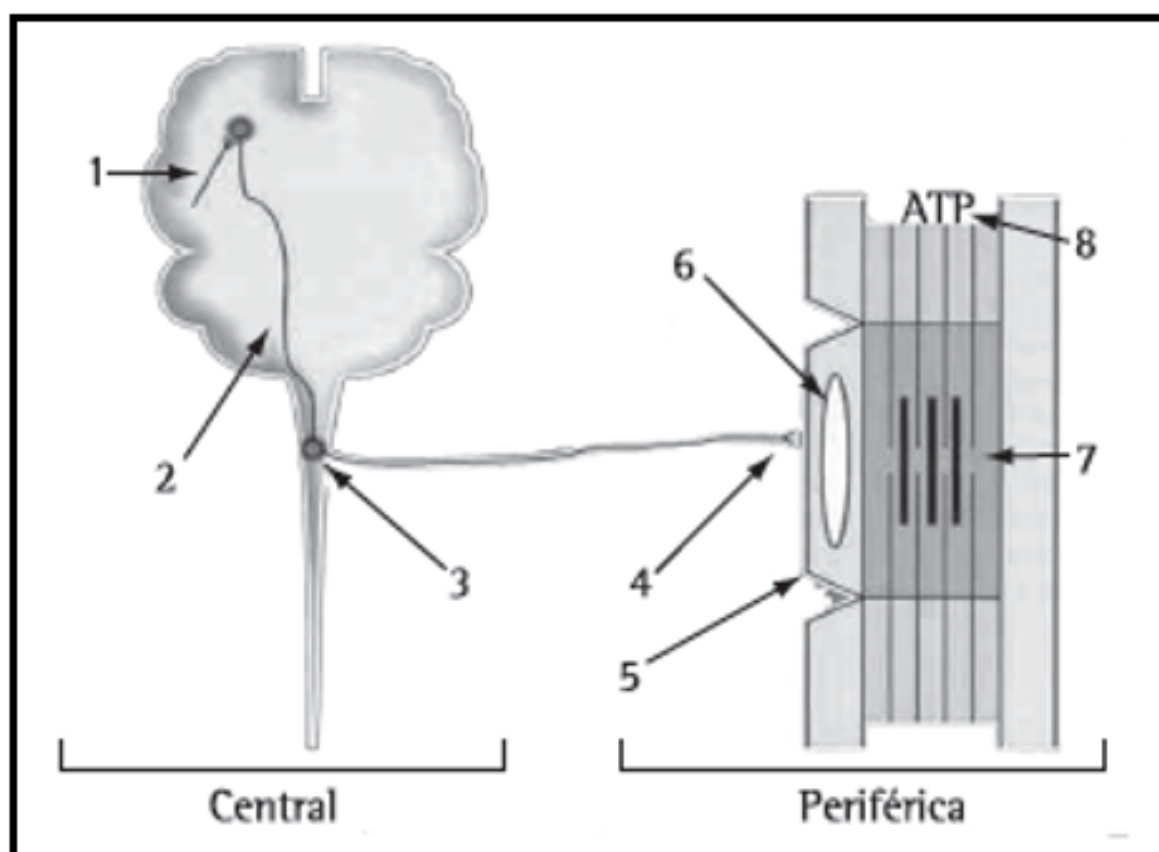
Fadiga periférica pode ser entendida como a perda da capacidade do músculo em responder a um estímulo nervoso, compreendendo os acontecimentos da junção neuromuscular até os componentes contráteis (Figura 2) (AMANN, 2011; BLACK et al., 2017). Os principais fatores relacionados ao desenvolvimento de fadiga periférica são as alterações na excitabilidade da membrana do sarcolema e na propagação do potencial de ação pelos túbulos transversos (Túbulos T), a falha na liberação de cálcio (Ca^{2+}) pelo retículo sarcoplasmático e perturbações metabólicas (ALLEN; LAMB; WESTERBLAD, 2008; BLACK et al., 2017; FITTS, 2008; MCKENNA et al., 2008).

Intensas contrações musculares provocam o influxo de sódio (Na^+) para o interior da célula e o efluxo de potássio (K^+) para o meio extracelular. Essas alterações não permitem a manutenção do gradiente de concentração estável entre K^+ e Na^+ , diminuindo a excitabilidade das membranas do sarcolema e dos túbulos T e conseqüentemente ocasionando a falha na propagação do potencial de ação. Além disso, o exercício intenso provoca falhas no

mecanismo de liberação e/ou resgate de Ca^{2+} pelo retículo sarcoplasmático, o que reduz a força da contração (ALLEN; LAMB; WESTERBLAD, 2008; MCKENNA et al., 2008).

Além disso, durante o exercício intenso ocorre a diminuição da fosfocreatina (PCr) e do glicogênio muscular, o que dificulta a produção de adenosina trifosfato (ATP), comprometendo as funções contráteis do músculo esquelético (MACINTOSH; SHAHI, 2010). Alguns outros metabólitos intramusculares também são gerados durante a tarefa, tais como: fosfato inorgânico (Pi), lactato, íons de hidrogênio (H^+), íons de lactato e adenosina difosfato (ADP), todos podendo levar a fadiga periférica (DEBOLD, 2012; VANHATALO et al., 2016).

Figura 2 — Sítios potenciais de fadiga.



Fonte: Adaptado de Rondelli et al. (2009).

Legenda: Os números 1, 2 e 3 e 4 representam os sítios potenciais de fadiga central e os números 5, 6, 7 e 8 representam os sítios potenciais de fadiga periférica.

O mesmo procedimento que avalia a fadiga central (técnica de interpolação de estímulos) também avalia a fadiga periférica, porém, a

determinação da fadiga periférica ocorre quando o músculo está relaxado. Se encontrada uma diminuição na força evocada por estímulos elétricos no músculo relaxado, significa incidência de fadiga periférica (AMANN et al., 2006; MERTON, 1954; STROJNIK; KOMI, 1998).

2.1.6 Fadiga durante exercício no domínio pesado, moderado, severo e extremo

Os determinantes fisiológicos que separam cada domínio de exercício são identificados facilmente, porém, os mecanismos que limitam o exercício e seus respectivos processos de fadiga característicos de cada domínio demandam maior esforço. No domínio moderado há uma escassez de estudos devido a duração do exercício, que pode ultrapassar três horas, ocasionando o término do exercício antes mesmo da exaustão, nesse domínio a fadiga é desenvolvida

lentamente com predominância de origem central (BURNLEY; JONES, 2018).

Quando o limiar de lactato é excedido, o tempo total que o indivíduo tolera o exercício varia entre 40 minutos e 3 horas e a potência do exercício varia de 60% a 85% do $\dot{V}O_2\text{max}$ (COYLE et al., 1986). Durante o exercício espécies reativas de oxigênio são produzidas, juntamente com o acúmulo de potássio extracelular e lactato sanguíneo, e há depleção de glicogênio (ALLEN; LAMB; WESTERBLAD, 2008; BURNLEY; JONES, 2018; BURNLEY; VANHATALO; JONES, 2012). Essas alterações metabólicas atingem um estado estável entre 10 e 20 minutos de exercício, e a falha nos mecanismos contráteis passam a se desenvolver lentamente (ALLEN; LAMB; WESTERBLAD, 2008). Enquanto que, devido à processos centrais o uso do glicogênio muscular a custo do desenvolvimento do componente lento de O_2 gera uma diminuição nas reservas de energia (BLACK et al., 2017; COYLE et al., 1986), ocorre também, redução no nível de excitação para manter a taxa de disparo nos motoneurônios exigida para a tarefa que, aliado à redução das reservas de energia, levam o indivíduo à exaustão (JOHNSON et al., 2004). As causas para o término do exercício no domínio pesado podem ser atribuídas à combinação do desenvolvimento de fadiga por processos centrais e periféricos.

Por outro lado, em exercícios no domínio severo (acima da PC), o aumento do componente lento do consumo de oxigênio está vinculado ao aumento dos níveis de lactato e diminuição dos níveis de PCr e pH, provocando distúrbios metabólicos e posteriormente o encerramento do exercício (BLACK et al., 2017; BURNLEY et al., 2012; JONES et al., 2008; POOLE et al., 2016). Evidências sugerem que a W' representa uma ligação com a produção de metabólitos intramusculares determinantes para a incidência de fadiga periférica (ADP, Pi, PCr e H^+) (CHIDNOK et al., 2013; SILVEIRA et al., 2017; VANHATALO et al., 2010). Quando ocorre exaustão em exercícios realizados no domínio severo, o indivíduo atinge valores críticos de fadiga periférica, esses valores são consistentes tanto para respostas neuromusculares quanto para distúrbios metabólicos (BLACK et al., 2017). Esse fato coincide com as conclusões de Blain et. al (2016), quando apontam que as perturbações metabólicas intramusculares e a incidência de fadiga periférica ao alcançarem um limiar crítico de fadiga, estão associadas com o controle do SNC realizado através dos neurônios sensoriais do grupo III e IV. Estes neurônios enviam informações aferentes ao SNC restringindo a emissão de impulsos para o músculo de forma protetiva a fim de evitar uma catástrofe metabólica (AMANN, 2011; AMANN et al., 2006; AMANN et al., 2009; BLAIN et al., 2016; VANHATALO et al., 2016).

As perturbações metabólicas geradas a partir de um exercício até a exaustão tem seus níveis reestabelecidos se houver recuperação passiva, ou até mesmo ativa, se realizada no domínio pesado, mas não se reestabelece se mantida a intensidade da atividade no domínio severo, demonstrando que a diminuição dos níveis de ATP e PCr, e o aumento dos níveis de H^+ , Pi e ADP ocorrem de forma divergente entre os domínios (CHIDNOK et al., 2013).

Em relação ao domínio extremo, onde a exaustão ocorre antes que o metabolismo oxidativo do indivíduo alcance sua máxima atividade, não há dados científicos que apontam qual a incidência de fadiga predominante ao término do exercício. Assim, os resultados do presente estudo auxiliarão na compreensão da origem da fadiga nesse domínio em particular.

3. METODOLOGIA

3.1 TIPO DE ESTUDO

O estudo realizado é do tipo quase experimental com delineamento transversal, a fim de correlacionar os mecanismos de fadiga em dois domínios metabólicos diferentes (NELSON; THOMAS; SILVERMAN, 2002).

3.2 LOCAL DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada nas dependências do laboratório do Grupo de Pesquisa em Performance Humana da UTFPR (GPPH), situado no Departamento de Educação Física, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), endereço R. Pedro Gusso, 2601 - Cidade Industrial de Curitiba, Curitiba - PR, CEP 81310-900, Brasil.

3.3 AMOSTRA

Doze mulheres fisicamente ativas (IPAQ, 2004) participaram de forma voluntária do estudo, após terem assinado um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Três participantes não concluíram os testes e foram excluídas da amostra, compondo uma amostra final de nove participantes (Idade $25,9 \pm 3,8$; Peso $59,7 \pm 6,1$; Altura $163,2 \pm 5,9$). Todos os procedimentos realizados com as participantes foram avaliados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UTFPR (número do comprovante 076292/2018; Anexo 1).

3.3.1 Critérios de inclusão e exclusão

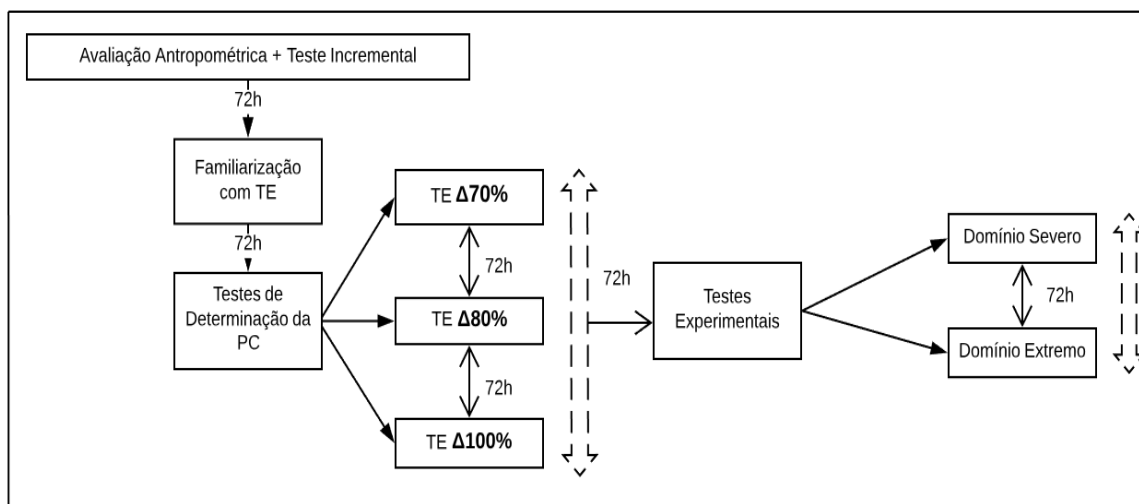
- a) Inclusão: foram incluídas na amostra mulheres fisicamente ativas, com idade entre 18 e 30 anos.
- b) Exclusão: foram excluídas da amostra mulheres com histórico de lesão musculoesquelética, fumantes e que faziam uso de algum suplemento nutricional.

3.4 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS

3.4.1 Desenho Experimental

Cada participante compareceu ao laboratório sete vezes, com intervalo mínimo de 72 horas entre as visitas. A primeira visita consistiu em uma avaliação antropométrica, seguida de teste incremental para determinação do $\dot{V}O_{2max}$ e o GET. A segunda visita teve como objetivo familiarizar as participantes com teste até a exaustão e com o protocolo de avaliação da função neuromuscular. Nas três visitas seguintes foram realizados testes preliminares para identificação da PC de cada participante. Os testes experimentais foram realizados nas visitas seis e sete, onde as participantes fizeram dois testes até a exaustão, um no domínio severo e outro no domínio extremo de exercício (Figura 3). Todas as sessões de testes preliminares e experimentais foram conduzidas de forma randomizada e contrabalançada.

Figura 3 — Desenho experimental do estudo.



Fonte: Autoria própria (2019).

Legenda: A numeração (72h) representa o período mínimo de intervalo entre uma visita e outra. TE: teste até exaustão. As setas pontilhadas bidirecionais representam as visitas realizadas de forma contrabalançada. $\Delta 70$: intensidade correspondente a 70% do delta da diferença entre o limiar de trocas gasosas e o consumo máximo de oxigênio; $\Delta 80$: intensidade correspondente a 80% do delta da diferença entre o limiar de trocas gasosas e o consumo máximo de oxigênio; $\Delta 100$: intensidade correspondente a 100% do consumo máximo de oxigênio.

As participantes registraram os alimentos consumidos nas 24 horas antecedentes a segunda visita, e foram orientados a replicar a alimentação no período antecedente a cada visita subsequente. Também foram orientadas a não consumir alimentos e bebidas com cafeína e a não realizar nenhum tipo de exercício vigoroso nas 24 horas anteriores a cada um dos testes.

3.4.2 Avaliação Antropométrica

Foram mensuradas a estatura (estadiômetro de fita) e a massa corporal (balança eletrônica Filizola®, São Paulo, Brasil) em cada sessão de teste. Todas as medidas foram realizadas por um único avaliador, experiente com os procedimentos empregados. As dobras cutâneas de três pontos anatômicos (tríceps, suprailíaca e coxa) foram medidas com um adipômetro científico (CESCORF®, Porto Alegre – RS, Brasil) para a determinação da densidade corporal e percentual de gordura (JACKSON; POLLOCK, 1978; SIRI, 1961).

3.4.3 Teste Incremental

Inicialmente as participantes realizaram um aquecimento em um cicloergômetro eletromagnético (Ergo-Fit 167®, Pirmasens, Germany) a 50 W por 5 minutos e, em seguida, a potência foi incrementada $25 \text{ W}\cdot\text{min}^{-1}$ até a exaustão. As participantes foram instruídas a manter a cadência do pedal entre 70 e 80 rotações por minuto (rpm). As participantes foram encorajadas verbalmente durante todo o teste. A exaustão foi assumida quando: 1) houve diminuição da cadência do pedal abaixo de 70 rpm por mais do que 5 segundos; 2) quando a cadência do pedal abaixou para menos de 70 rpm por mais de três vezes consecutivas; ou 3) por exaustão voluntária. A altura do banco da bicicleta foi ajustada para cada participante e anotada para que o padrão fosse mantido em todos os testes.

Durante todo o teste as participantes usaram uma máscara para análise das respostas da ventilação (\dot{V}_E), consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$), produção de dióxido de carbono ($\dot{V}CO_2$) e razão de trocas respiratórias (RER), mensuradas por um sistema computadorizado com taxa de amostragem a cada respiração, através de um software específico (Vmax Encore 22 – SensorMedics, USA).

Antes de cada teste o analisador de gases foi calibrado usando ar ambiente e uma amostra de concentração de gás conhecido (16% O₂ e 4% CO₂). A frequência cardíaca (FC) foi coletada durante todo o teste por um monitor de FC (Polar Electro Oy, Kempele, Finlândia). A percepção de esforço (PE) foi obtida ao final de cada estágio utilizando a escala de Borg de 15 pontos (BORG, 1982).

O GET foi identificado visualmente por dois avaliadores através dos seguintes parâmetros: 1) primeiro aumento desproporcional na relação $\dot{V}CO_2$ vs. $\dot{V}O_2$; 2) aumento em $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ sem aumento no $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$; e 3) aumento na pressão parcial de O₂ final sem queda na pressão parcial de CO₂ final (WHIPP et al., 1981). O $\dot{V}O_{2max}$ e a frequência cardíaca máxima (FC_{max}) foram determinados a partir da média dos valores de $\dot{V}O_2$ e FC durante os últimos 30 e cinco segundos do teste, respectivamente.

3.4.4 Testes de Determinação da Potência Crítica

A PC de cada participante foi determinada a partir de três testes até a exaustão, com intensidades diferentes: 1) na intensidade correspondente a 70% do delta da diferença entre o GET e o $\dot{V}O_{2max}$ ($\Delta 70$); 2) na intensidade correspondente a 80% do delta da diferença entre o GET e o $\dot{V}O_{2max}$ ($\Delta 80$) e; 3) a 100% do $\dot{V}O_{2max}$. Cada participante aqueceu por cinco minutos antes do teste na intensidade correspondente a 90% do GET, seguido por um período de descanso de cinco minutos.

Os testes foram realizados em dias diferentes e de forma contrabalançada. As intensidades foram escolhidas por terem tempo de exaustão estimado entre três e 12 minutos, períodos descritos como apropriados para determinar a relação hiperbólica entre potência e tempo de exercício (VANHATALO; DOUST; BURNLEY, 2008). Estímulos verbais foram utilizados durante os testes e a exaustão foi estabelecida pelos mesmos critérios adotados no teste incremental.

3.4.5 Testes Experimentais

Nas sessões experimentais, as participantes aqueceram no cicloergômetro em uma intensidade a 90% do GET durante 5 minutos e logo após iniciaram as medidas de avaliação da função neuromuscular na cadeira extensora (procedimentos detalhados na seção seguinte). Realizadas as medidas referentes a função neuromuscular, as participantes voltaram ao cicloergômetro e realizaram o teste até a exaustão.

O teste no domínio severo foi realizado em uma intensidade correspondente a 10% acima da PC, enquanto o teste no domínio extremo em uma intensidade correspondente a 140% da carga máxima atingida no teste incremental. As respostas da $\dot{V}E$, $\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$ e FC foram monitoradas durante todo o teste, da mesma forma como no teste incremental. A PE foi coletada ao final do teste (BORG, 1982).

3.4.6 Avaliação da Função Neuromuscular

Uma cadeira extensora adaptada (JKSLEMOS, Curitiba, Brasil), com uma célula de carga (EMG System, São José dos Campos, Brasil) acoplada em um dos lados, foi utilizada para avaliação da função neuromuscular. O encosto traseiro do tronco e a altura da alavanca foram individualmente ajustados de modo a formar um ângulo de 120° no quadril e 90° no joelho. Todas as avaliações foram padronizadas e realizadas no membro inferior direito de cada participante.

O nervo femoral foi estimulado de forma transcutânea usando um estimulador de corrente constante (Neuro-TES, Neurosoft, Ivanovo, Rússia). O nervo femoral foi localizado por palpação na região do triângulo femoral. Com o auxílio de uma caneta estimuladora (SBE-2, Neurosoft, Ivanovo, Rússia) o local com a maior amplitude de onda-M (*maximal compound potential*) evocada por um estímulo elétrico de 15 mA foi localizado e fixado um eletrodo estimulatório, nominado eletrodo cátodo. O eletrodo ânodo foi fixado na prega glútea, oposto ao cátodo (Ambu Neuroline715, Ballerup, Dinamarca). Após a localização, estímulos elétricos (frequência de 1Hz com duração de 1ms) foram disparados com intensidade de 15 mA e incrementos de 5 mA a cada 30 segundos, até

que um platô na força gerada pelo estímulo (força *twitch*) e na amplitude da onda M fosse atingido. Essa intensidade do platô foi aumentada em 20% nos testes experimentais para garantir estímulo máximo (NEYROUD et al., 2014).

Nas visitas experimentais, após o aquecimento no cicloergômetro, as participantes realizaram um protocolo de aquecimento específico de extensão do joelho, composto de quatro contrações isométricas (60, 70, 80 e 100% do máximo), cada uma sustentada por cinco segundos, com 30 segundos de intervalo entre elas (ALBERTUS-KAJEE et al., 2010). Após o término do aquecimento, foi iniciado o protocolo de avaliação neuromuscular, composto de três contrações isométricas máximas (CVM) de cinco segundos cada, com intervalo de um minuto entre elas. Um estímulo simples (frequência de 1Hz e duração de 1ms) foi aplicado durante cada CVM (estímulo superimposto) e 2 segundos após o término ($Q_{tw,pot}$). Estimulações duplas [frequência de 10 (Q_{tw10}) e 100 Hz (Q_{tw100}), intervalo inter-estímulos de 100 e 10 ms, respectivamente] foram aplicadas em sequência, 2 segundos após a $Q_{tw,pot}$, e separadas por 2 segundos de intervalo (MERTON, 1954). Este procedimento foi repetido imediatamente após os testes na bicicleta.

3.4.7 Eletromiografia

A atividade eletromiográfica do músculo vasto lateral foi registrada durante a avaliação neuromuscular e durante os testes de carga constante, com taxa de amostragem de 20 kHz (Neuro-MEP-Micro, Neurosoft, Ivanovo, Rússia). Antes de cada teste, a pele foi raspada para reduzir a impedância abaixo de 5 k Ω . Eletrodos adesivos de monitoramento de superfície total (Ambu[®] Neuroline 715, Ballerup, Dinamarca) foram fixados sobre o vasto lateral de acordo com a Eletromiografia Superficial para a Avaliação Não-Invasiva de Padrões Musculares (HERMENS et al., 2000). A amplitude pico a pico da onda M foi determinada durante o estímulo simples evocado imediatamente após o final de cada CVM.

3.5 VARIÁVEIS DE ESTUDO

- a) Independentes: Exercício realizado no domínio Severo e exercício realizado no domínio Extremo.
- b) Dependentes: Fadiga Central e Fadiga Periférica.

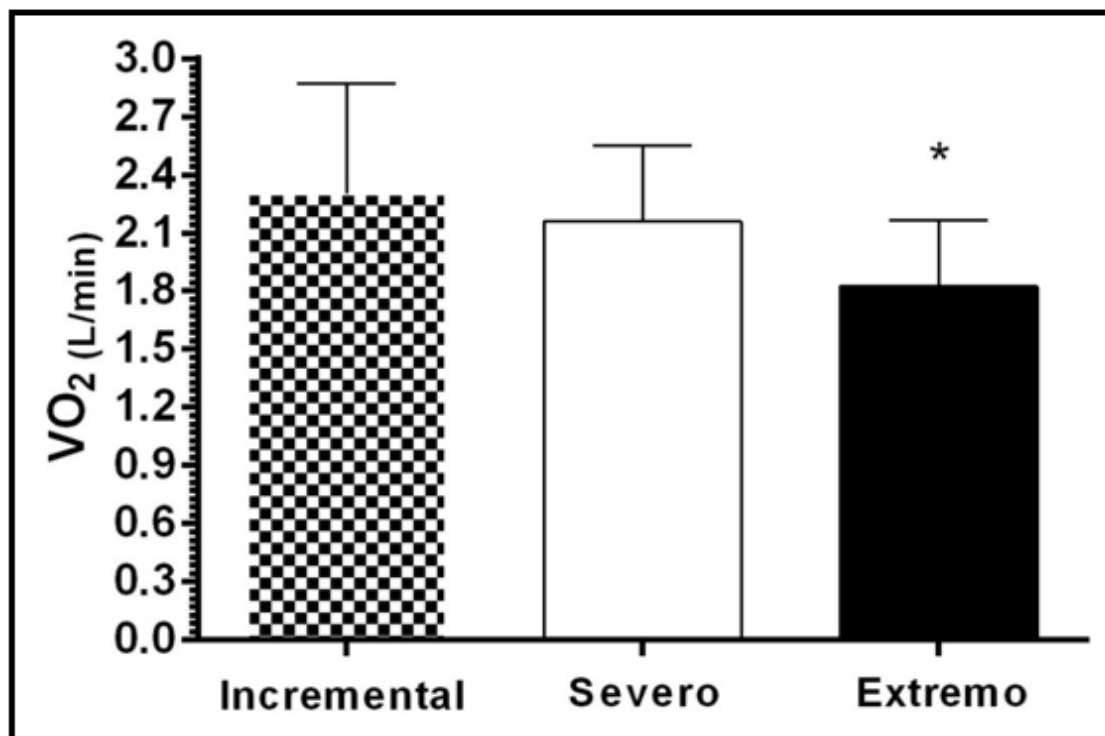
3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A normalidade dos dados foi verificada com teste de Shapiro-Wilk. O tempo de exaustão entre os domínios severo e extremo foi comparado usando o teste *t* pareado. Os valores de $\dot{V}O_2$ obtidos no teste incremental, e nos testes de domínio severo e extremo foram verificados por ANOVA de um caminho. O efeito do domínio de intensidade (severo e extremo) e tempo (pré- e pós-teste) sobre os parâmetros de fadiga (AV , Q_{twpot} , Q_{tw10} e Q_{tw100}) foram verificados por ANOVA de medidas repetidas de dois caminhos. Quando necessário, o teste *post hoc* de Bonferroni foi utilizado para verificar os efeitos indicados pela ANOVA. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$. Os dados são apresentados em média \pm desvio padrão. Todas as análises foram realizadas a partir do pacote estatístico SPSS (IBM SPSS® Statistics, versão 20, Brasil).

4. RESULTADOS

O tempo de exaustão foi menor no exercício no domínio de intensidade extremo (73 ± 10 seg) comparado ao domínio de intensidade severo (269 ± 85 seg, $p = 0,001$). Os valores de $\dot{V}O_2$ obtidos no teste incremental foram semelhantes aos valores de $\dot{V}O_2$ atingidos no teste de domínio severo ($p = 0,352$). Entretanto, os valores de $\dot{V}O_2$ atingidos no teste de domínio extremo foram menores que os obtidos no severo ($p = 0,008$) e incremental ($p = 0,028$) (Figura 4).

Figura 4 — Valores de consumo de Oxigênio (VO_2) obtidos ao final do teste incremental, severo e extremo.



Fonte: Autoria própria (2019).

Legenda: * indica valores significativamente menores para extremo, comparado com incremental e severo ($p < 0,05$). Fonte: autoria própria (2019).

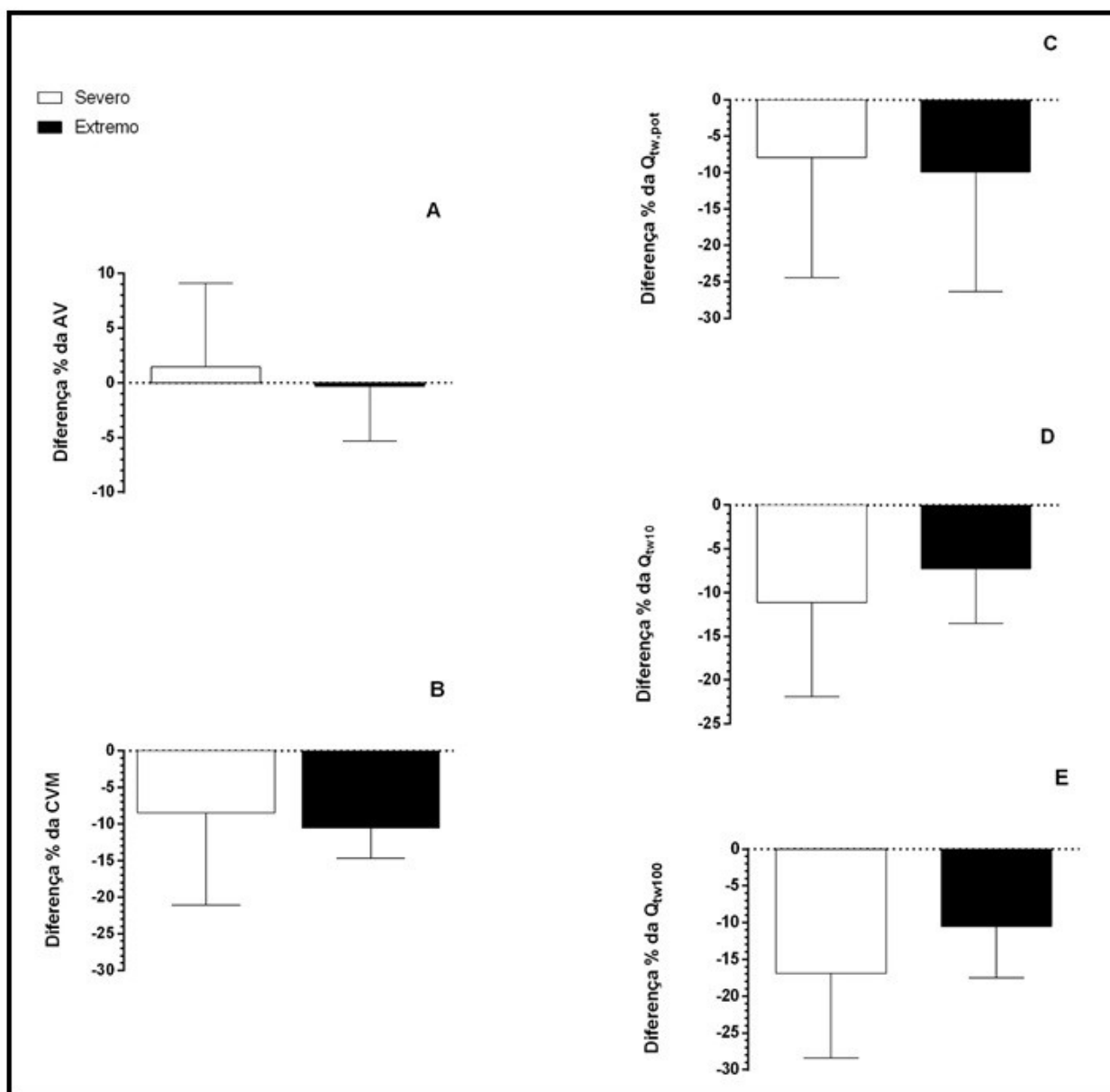
Os valores dos parâmetros neuromusculares pré e pós-exercício nos domínios severo e extremo estão relatados na Tabela 1, enquanto o percentual de mudança pós-exercício (desenvolvimento de fadiga) na Figura 5. Não houve efeito do tempo para as variáveis AV e $Q_{tw.pot}$ ($p= 0,945$ e $0,091$, respectivamente). Entretanto, houve redução pós exercício para as variáveis CVM, Q_{tw10} e Q_{tw100} ($p= 0,001$ para todas). Não houve efeito da intensidade ou interação intensidade vs. tempo para nenhuma das variáveis ($p < 0,05$).

Tabela 1 – Valores dos parâmetros neuromusculares pré e pós exercício nos domínios severo e extremo.

Variável	Severo pré exercício	Severo pós exercício	Extremo pré exercício	Extremo pós exercício
CVM (N)	482 ± 146	429 ± 115	498 ± 133	447 ± 127
AV (%)	89 ± 8	89 ± 5	88 ± 9	87 ± 7
Q _{tw.pot} (N)	165 ± 43	150 ± 45	164 ± 32	148 ± 43
Q _{tw10} (N)	272 ± 40	239 ± 24	279 ± 42	258 ± 36
Q _{tw100} (N)	257 ± 28	212 ± 27	254 ± 30	228 ± 35

Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 5 — Percentual de mudança pós-exercício.



Fonte: Autoria própria (2019).

Legenda: Percentual da diferença da ativação voluntária após o teste de domínio severo ou extremo (VA, painel A); Percentual de redução da contração voluntária máxima após o teste de domínio severo ou extremo (CVM, painel B); Percentual de redução do estímulo simples com frequência de 1Hz após o teste de domínio severo ou extremo ($Q_{tw,pot}$, painel C); Percentual de redução do estímulo duplo com frequência de 10Hz após o teste de domínio severo ou extremo (Q_{tw10} , painel D); Percentual de redução do estímulo duplo com frequência de 100Hz após o teste de domínio severo ou extremo (Q_{tw100} , painel E).

5. DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi investigar as respostas de fadiga neuromuscular após exercício exaustivo realizado no domínio extremo e no domínio severo. O principal achado do estudo foi que o mesmo modelo de fadiga apresentado ao final do exercício no domínio severo, é também encontrado ao final do exercício no domínio extremo. Os valores de fadiga periférica ao final do exercício em ambas as intensidades propostas foram semelhantes, e nenhuma evidência de fadiga central foi encontrada.

Ao final do exercício, a CVM apresentou redução de ~8% nos testes de domínio severo e ~10% nos testes de domínio extremo, indicando fadiga global em ambas as condições. A AV não apresentou efeito nem do tempo e nem da intensidade, indicando que independente do domínio em que o exercício é realizado, não há desenvolvimento de fadiga central. Estes dados corroboram com estudos que não encontraram redução de fadiga central após testes de ciclismo no domínio severo (THOMAS et al., 2016). Contudo, contrário a hipótese estabelecida, não houve desenvolvimento de fadiga central após o teste de domínio extremo. Esse resultado aponta que o tempo de exercício no domínio extremo, ainda que menor do que o exercício no domínio severo, foi suficiente para que as perturbações mecânicas e metabólicas na musculatura ativa alcançassem um nível crítico, ocasionando a exaustão por fadiga periférica. Dessa forma, assim como no domínio severo, não há fadiga central após o exercício realizado no domínio extremo.

As mudanças nas variáveis periféricas apontam que houve desenvolvimento de fadiga periférica induzida pelo exercício no presente estudo, e que, a intensidade do exercício não influenciou no grau de fadiga periférica encontrado ao final de cada teste. Q_{tw10} reduziu ~11% no domínio severo e ~7% no domínio extremo, e Q_{tw100} reduziu ~16% no domínio severo e ~10% no domínio extremo. Embora não tenha apresentado diferença estatística, a variável Q_{twpot} apresentou redução ~7% no domínio severo e ~9% no domínio extremo. Os dados vão de encontro com estudos que encontraram redução destas variáveis periféricas após testes contrarrelógio de ciclismo de 4km, considerado de domínio severo (THOMAS et al., 2015; CAMATI et al., 2018). Os achados do presente estudo indicam que o nível de fadiga periférica

ao final de exercício aeróbio de alta intensidade é muito parecido entre os domínios severo e extremo, corroborando com a teoria da existência de um limiar crítico de fadiga periférica (AMANN et al., 2006; HUREAU; ROMER; AMANN, 2018) capaz de informar as condições intramusculares ao sistema nervoso central, impedindo o desenvolvimento exacerbado de fadiga periférica (AMANN et al., 2008, AMANN, 2011). Outra possível semelhança ao domínio severo é a atribuição do desenvolvimento de fadiga periférica devido ao acúmulo de metabólitos, como íons de hidrogênio (H^+) e fosfato inorgânico (Pi) intramusculares, e acúmulo de potássio (K^+) extracelular (MACINTOSH; SHAHI, 2010).

6. CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo demonstram que exercício aeróbio realizado no domínio extremo apresenta fadiga periférica, mas não central, ao final do exercício. Ainda, as repostas de fadiga central e periférica não diferiram quando comparadas às do domínio severo, indicando que os mecanismos de fadiga são muito similares entre os domínios extremo e severo. Embora atribuídas semelhanças, uma sugestão é que futuros estudos possam averiguar diretamente as perturbações metabólicas intramusculares para possibilitar a comparação dos domínios nesse âmbito.

REFERÊNCIAS

ALBERTUS-KAJEE, Y.; TUCKER, R.; DERMAN, W.; LAMBERT, M. Alternative methods of normalising EMG during cycling. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 20, n. 6, p. 1036-1043, 2010.

ALLEN, D. G.; LAMB, G. D.; WESTERBLAD, H. Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. **Physiological reviews**, v. 88, n. 1, p. 287-332, 2008.

ALLEN, G.; GANDEVIA, S.; MCKENZIE, D. Reliability of measurements of muscle strength and voluntary activation using twitch interpolation. **Muscle & nerve**, v. 18, n. 6, p. 593-600, 1995.

AMANN, M. Central and peripheral fatigue: interaction during cycling exercise in humans. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 43, n. 11, p. 2039-2045, 2011.

AMANN, M.; ELDRIDGE, M. W.; LOVERING, A. T.; STICKLAND, M. K.; PEGELOW, D. F.; DEMPSEY, J. A. Arterial oxygenation influences central motor output and exercise performance via effects on peripheral locomotor muscle fatigue in humans. **The Journal of physiology**, v. 575, n. 3, p. 937-952, 2006.

AMANN, M.; PROCTOR, L. T.; SEBRANEK, J. J.; PEGELOW, D. F.; DEMPSEY, J. A. Opioid-mediated muscle afferents inhibit central motor drive and limit peripheral muscle fatigue development in humans. **The Journal of physiology**, v. 587, n. 1, p. 271-283, 2009.

BLACK, M. I.; JONES, A. M.; BLACKWELL, J. R.; BAILEY, S. J.; WYLIE, L. J.; MCDONAGH, S. T.; THOMPSON, C.; KELLY, J.; SUMNERS, P.; MILEVA, K. N. Muscle metabolic and neuromuscular determinants of fatigue during cycling in different exercise intensity domains. **Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 3, p. 446-459, 2017.

BLAIN, G. M.; MANGUM, T. S.; SIDHU, S. K.; WEAVIL, J. C.; HUREAU, T. J.; JESSOP, J. E.; BLEDSOE, A. D.; RICHARDSON, R. S.; AMANN, M. Group III/IV muscle afferents limit the intramuscular metabolic perturbation during whole body exercise in humans. **The Journal of physiology**, v. 594, n. 18, p. 5303-5315, 2016.

BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine science sports exercise**, v. 14, n. 5, p. 377-381, 1982.

BURNLEY, M.; JONES, A. M. Power-duration relationship: Physiology, fatigue and the limits of human performance. **European Journal of Sport Science**, v. 18, n. 1, p. 1-12, 2018.

BURNLEY, M.; VANHATALO, A.; JONES, A. M. Distinct profiles of neuromuscular fatigue during muscle contractions below and above the critical

torque in humans. **Journal of applied physiology**, v. 113, n. 2, p. 215-223, 2012.

BURNLEY, Mark; JONES, Andrew M. Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance. **European Journal of Sport Science**, v. 7, n. 2, p. 63-79, 2007.

CHIDNOK, W.; FULFORD, J.; BAILEY, S. J.; DIMENNA, F. J.; SKIBA, P. F.; VANHATALO, A.; JONES, A. M. Muscle metabolic determinants of exercise tolerance following exhaustion: relationship to the "critical power". **Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 2, p. 243-250, 2013.

COYLE, EDWARD F. et al. Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. **Journal of applied physiology**, v. 61, n. 1, p. 165-172, 1986.

DEBOLD, Edward P. Recent insights into the molecular basis of muscular fatigue. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 44, n. 8, p. 1440-1452, 2012.

ENOKA, R. M.; DUCHATEAU, J. Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. **The Journal of physiology**, v. 586, n. 1, p. 11-23, 2008.

ENOKA, R. M.; STUART, D. G. Neurobiology of muscle fatigue. **Journal of applied physiology**, v. 72, n. 5, p. 1631-1648, 1992.

FELIPPE, L. C., FERREIRA, G. A., LEARSI, S. K., BOARI, D., BERTUZZI, R., & LIMA-SILVA, A. E. Caffeine increases both total work performed above critical power and peripheral fatigue during a 4-km cycling time trial. **Journal of Applied Physiology**, 124(6), 1491-1501, 2018.

FITTS, Robert H. The cross-bridge cycle and skeletal muscle fatigue. **Journal of applied physiology**, v. 104, n. 2, p. 551-558, 2008.

GAESSER, Glenn A.; POOLE, David C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 24, n. 1, p. 35-70, 1996.

GANDEVIA, S. C. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. **Physiological reviews**, v. 81, n. 4, p. 1725-1789, 2001.

GANDEVIA, S.; MCKENZIE, D. Activation of human muscles at short muscle lengths during maximal static efforts. **The Journal of physiology**, v. 407, n. 1, p. 599-613, 1988.

HERMENS, H. J.; FRERIKS, B.; DISSELHORST-KLUG, C.; RAU, G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **Journal of electromyography and Kinesiology**, v. 10, n. 5, p. 361-374, 2000.

HILL, DAVID W.; POOLE, DAVID C.; SMITH, JIMMY C. The relationship between power and the time to achieve VO₂max. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 34, n. 4, p. 709-714, 2002.

HUREAU, Thomas J.; ROMER, Lee M.; AMANN, Markus. The 'sensory tolerance limit': A hypothetical construct determining exercise performance? **European journal of sport science**, v. 18, n. 1, p. 13-24, 2018.

INTERNATIONAL PHYSICAL ACTIVITY QUESTIONNAIRE – **IPAQ (2004). Guidelines for Data Processing and Analysis of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) Short Form. Version 2.0.** Disponível em <<http://www.ipaq.ki.se>> Acesso em 20/09/2018.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **British journal of nutrition**, v. 40, n. 03, p. 497-504, 1978.

JOHNSON, K. V. B., EDWARDS, S. C., VAN TONGEREN, C., & BAWA, P. Properties of human motor units after prolonged activity at a constant firing rate. **Experimental brain research**, 154(4), 479-487, 2004.

JONES, A. M.; WILKERSON, D. P.; DIMENNA, F.; FULFORD, J.; POOLE, D. C. Muscle metabolic responses to exercise above and below the "critical power" assessed using ³¹P-MRS. **American journal of physiology-regulatory, integrative and comparative physiology**, v. 294, n. 2, p. R585-R593, 2008.

MACINTOSHI, B. R; SHAHI, M. R. S. (2010). A peripheral governor regulates muscle contraction. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 36, n. 1, p. 1-11, 2010.

MCKENNA, M. J.; BANGSBO, J.; RENAUD, J.-M. Muscle K⁺, Na⁺, and Cl⁻ disturbances and Na⁺-K⁺ pump inactivation: implications for fatigue. **Journal of Applied Physiology**, v. 104, n. 1, p. 288-295, 2008.

MERTON, P. Voluntary strength and fatigue. **The Journal of physiology**, v. 123, n. 3, p. 553-564, 1954.

NELSON, Jack K.; THOMAS, Jerry R.; SILVERMAN, S. J. Métodos de pesquisa em atividade física. **Porto Alegre: Artmed Editora**, 2002.

NEYROUD, D.; VALLOTTON, A.; MILLET, G. Y.; KAYSER, B.; PLACE, N. The effect of muscle fatigue on stimulus intensity requirements for central and peripheral fatigue quantification. **European journal of applied physiology**, v. 114, n. 1, p. 205-215, 2014.

NOAKES, Timothy David OMS. Fatigue is a brain-derived emotion that regulates the exercise behavior to ensure the protection of whole body homeostasis. **Frontiers in physiology**, v. 3, p. 82, 2012.

POOLE, D. C.; BURNLEY, M.; VANHATALO, A.; ROSSITER, H. B.; JONES, A. M. Critical Power: An Important Fatigue Threshold in Exercise Physiology. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 48, n. 11, p. 2320-2334, 2016.

RONDELLI, R. R., DAL CORSO, S., SIMÕES, A., & MALAGUTI, C. Methods for the assessment of peripheral muscle fatigue and its energy and metabolic determinants in COPD. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, 35(11), 1125-1135, 2009.

SILVEIRA, R.; ANDRADE-SOUZA, V. A.; ARCOVERDE, L.; TOMAZINI, F.; SANSONIO, A.; BISHOP, D. J.; BERTUZZI, R.; LIMA-SILVA, A. E. Caffeine Increases Work Done above Critical Power, but not Anaerobic Work. **Medicine and science in sports and exercise**, 2017.

SIRI, W. E. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. **Techniques for measuring body composition**, v. 61, p. 223-44, 1961.

STROJNIK, V.; KOMI, P. V. Neuromuscular fatigue after maximal stretch-shortening cycle exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 84, n. 1, p. 344-350, 1998.

TAYLOR, J. L.; AMANN, M.; DUCHATEAU, J.; MEEUSEN, R.; RICE, C. L. Neural contributions to muscle fatigue: from the brain to the muscle and back again. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 48, n. 11, p. 2294, 2016.

THOMAS, K., GOODALL, S., STONE, M., HOWATSON, G., GIBSON, A. S. C., & ANSLEY, L. Central and peripheral fatigue in male cyclists after 4-, 20-, and 40-km time trials. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 47(3), 537-546, 2015.

THOMAS, K., ELMEUA, M., HOWATSON, G., & GOODALL, S. Intensity-dependent contribution of neuromuscular fatigue after constant-load cycling. **Medicine and science in sports and exercise**, 48(9), 1751-1760, 2016.

VANHATALO, A.; BLACK, M. I.; DIMENNA, F. J.; BLACKWELL, J. R.; SCHMIDT, J. F.; THOMPSON, C.; WYLIE, L. J.; MOHR, M.; BANGSBO, J.; KRUSTRUP, P. The mechanistic bases of the power–time relationship: muscle metabolic responses and relationships to muscle fibre type. **The Journal of physiology**, v. 594, n. 15, p. 4407-4423, 2016.

VANHATALO, A.; DOUST J.H.; BURNLEY M; A 3-min all-out cycling test is sensitive to a 772 change in critical power. **Med Sci Sports Exerc**, v. 40, n. 9, p. 1693-1699, 2008.

VANHATALO, A.; FULFORD, J.; DIMENNA, F. J.; JONES, A. M. Influence of hyperoxia on muscle metabolic responses and the power–duration relationship

during severe-intensity exercise in humans: a ^{31}P magnetic resonance spectroscopy study. **Experimental physiology**, v. 95, n. 4, p. 528-540, 2010.

VØLLESTAD, N. K. Measurement of human muscle fatigue. **Journal of neuroscience methods**, v. 74, n. 2, p. 219-227, 1997.

WHIPP, B.; DAVIS, J. A.; TORRES, F.; WASSERMAN, K. A test to determine parameters of aerobic function during exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 50, n. 1, p. 217-221, 1981.

APÊNDICE

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Título da Pesquisa: Comparação entre o comportamento da Fadiga Central e Periférica no Domínio Extremo e Severo de Exercício.

Pesquisador(es): Professor Dr. Adriano Eduardo Lima da Silva, (41) 9 8503-5980 e Graduanda Leticia Pereira Venancio Dallan (41) 9 9999-8931.

Engenheiro ou médico ou orientador ou outro profissional responsável: Professor Dr. Adriano Eduardo Lima da Silva.

Local de realização da pesquisa: A pesquisa será realizada no laboratório do Grupo de Pesquisa em Performance Humana da UTFPR (GPPH), situado no Departamento de Educação Física, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Endereço, telefone do local: R. Pedro Gusso, 2671 - Cidade Industrial de Curitiba, Curitiba - PR, 81020-430, Brasil. (41) 3057-2194

A. INFORMAÇÕES DO PARTICIPANTE

1. Apresentação da pesquisa

Nós, Professor Doutor Adriano Eduardo Lima da Silva, e Leticia Pereira Venancio Dallan, graduanda do curso de bacharelado em Educação Física da UTFPR, convidamos você, indivíduo fisicamente ativo, a participar do estudo intitulado “**Comparação entre o comportamento da fadiga central e periférica no domínio extremo e severo de exercício**”. Nesta pesquisa serão avaliados os mecanismos de fadiga em intensidade extrema e severa, e sua participação é muito importante para contribuir na evolução do conhecimento científico na área do desempenho esportivo.

2. Objetivos da pesquisa

Investigar o comportamento da fadiga no domínio extremo de intensidade do exercício e qual o mecanismo predominante, e comparar com o domínio severo.

3. Participação na pesquisa

Caso você participe da pesquisa, deverá comparecer ao laboratório do Grupo de pesquisa em Performance Humana em sete ocasiões, com intervalo mínimo de 72 horas entre as sessões. O laboratório do Grupo de pesquisa em Performance Humana é localizado na Sede Neville da UTFPR, Rua Pedro Gusso 2601, Cidade Industrial, Curitiba, Paraná, CEP 81310-900. Na primeira visita serão coletados dados de peso e estatura e realizado um procedimento para mensurar sua capacidade fisiológica através de um teste incremental. O teste incremental é um teste de incremento de carga, realizado em uma bicicleta ergométrica, com incremento de 25W de potência a cada 1 minuto de exercício. Esse teste será realizado até a exaustão, isto é, até você não conseguir mais pedalar. Essa sessão terá duração de aproximadamente 1 hora. Na segunda visita será feita uma familiarização com os procedimentos que serão adotados nas demais visitas. Você fará um teste na bicicleta, onde deverá pedalar em uma carga intensa, que corresponde a aproximadamente 90% do seu máximo obtido no primeiro teste, até não aguentar mais. A previsão é que esse teste dure aproximadamente 10 minutos. Na sequência, você realizará em uma cadeira extensora, similar aquelas de academia, uma extensão de joelho com a máxima força que você puder. Esse teste é chamado de teste de contração voluntária máxima. Durante cada contração terá estímulos elétricos, uma técnica chamada de eletroestimulação, para verificar o quanto seu cérebro e músculos estão fadigados. Essa sessão tem duração aproximada de 1 hora e 30 minutos. Nas três visitas seguintes (visitas 3, 4 e 5) será realizado um teste na bicicleta onde você terá que pedalar até não aguentar mais. Esses testes serão feitos em diferentes intensidades, mas todos de carga intensa. A previsão é que esses testes durem entre 3 e 12 minutos. Somando todos os procedimentos, essas três visitas terão duração de 1 hora cada. Nas duas últimas visitas (visitas 6 e 7) serão realizados dois testes, denominados experimentais. Essas duas últimas sessões serão compostas por cinco etapas. Primeiro será feito uma coleta de sangue assim que você chegar ao laboratório, chamado de coleta de sangue pré-teste. A coleta de sangue será feita na ponta do dedo, similar ao que é feito para medir glicemia em

diabéticos. Na sequência, será feito o procedimento de eletroestimulação pré-teste, o mesmo que foi feito na segunda visita. Logo após você irá pedalar na bicicleta usando uma carga intensa de exercício até não aguentar mais. A previsão é que esse teste dure entre 3 e 10 minutos. Imediatamente após o seu fim, uma nova gotícula de sangue será coletada da ponta do dedo e repetido o processo de eletroestimulação, chamados de procedimentos pós-teste. Essas duas últimas sessões terão duração de aproximadamente 2 horas cada. Todos os procedimentos são realizados com os devidos cuidados para manuseio de equipamentos e higienização dos mesmos. Durante o período em que estiver sendo avaliado você deverá manter sua dieta habitual, juntamente com sua rotina de prática de atividades físicas. Porém, nas 24 horas que antecedem cada teste você não deverá praticar exercícios, nem consumir bebidas alcoólicas ou alimentos e bebidas que contenham cafeína. A alimentação realizada nas 24h antecedentes à terceira visita deverá ser replicada em todas as próximas, assim como documentada em um registro alimentar que você receberá. Essas orientações sobre a alimentação e sobre o registro alimentar serão reforçadas ao final da sua primeira visita.

4. Confidencialidade

Você terá segurança sobre sua identidade, dados pessoais e sobre todas as coletas, que serão utilizadas apenas e exclusivamente para os fins deste estudo e não serão revelados em qualquer hipótese. A posse das informações obtidas na pesquisa, durante toda a sua execução será de inteira responsabilidade dos pesquisadores responsáveis pelo projeto.

5. Desconfortos, Riscos e Benefícios

a) Desconfortos e ou riscos:

Os riscos previstos para as voluntárias da amostra são mínimos, tendo em vista que um dos critérios de inclusão para o estudo são indivíduos saudáveis sem nenhuma patologia grave, e ativos fisicamente. A estimulação elétrica não oferece nenhum risco, apenas um leve desconforto momentâneo e dormência no local do estímulo, sendo que a intensidade máxima do estímulo elétrico será padronizada individualmente. Caso ocorra qualquer desconforto, entretanto, o procedimento será imediatamente interrompido. Para o procedimento da

eletroestimulação é feita uma raspagem na região do triângulo femoral e no vasto lateral, com um possível risco do surgimento de resposta alérgica local. Caso isso ocorra, uma pomada antialérgica será disponibilizada e o teste imediatamente interrompido. Por fim, os testes da bicicleta são realizados até a exaustão, isto é, até o participante não ser mais capaz de manter a pedalada. Com isso, há possibilidade de desconfortos pós-teste, como por exemplo queda de pressão ou hipoglicemia. Caso isso ocorra, os responsáveis pela pesquisa prestarão os primeiros socorros básicos, como deitar o participante com as pernas para cima (em casos de queda de pressão), ou ingestão de açúcar (em caso de hipoglicemia), e acompanharão o participante até a unidade de saúde mais próxima ao local da pesquisa, se necessário.

b) Benefícios:

O estudo realizado poderá contribuir na evolução do conhecimento científico na área do desempenho esportivo. A participação também tem como retorno dados fisiológicos importantes de cada participante, que são usados para a prescrição de treinamento.

6. Critérios de inclusão e exclusão

a) Inclusão:

Para fazer parte da amostra o participante deverá ser do sexo feminino, adulto (entre 18 e 30 anos) e fisicamente ativo.

b) Exclusão:

Serão excluídos participantes com histórico de lesão musculoesquelética recente, fumantes e que apresentem alguma cardiopatia.

7. Direito de sair da pesquisa e a esclarecimento durante o processo

A participação no estudo é voluntária e os participantes possuem o direito de interrompê-la a qualquer momento sem quaisquer prejuízos.

Você pode assinalar o campo a seguir, para receber o resultado desta pesquisa, caso seja de seu interesse:

() Quero receber os resultados da pesquisa (e-mail para envio :
(_____)

() Não quero receber os resultados da pesquisa.

8. Ressarcimento ou indenização

Neste projeto de pesquisa não haverá qualquer tipo de ressarcimento ou ajuda financeira para atuar como voluntário. Qualquer custo com deslocamentos ao local de teste ou outro gasto que o Sr. ou algum acompanhante seu tenha em função da pesquisa, serão de responsabilidade do próprio participante. Caso o Sr. se sinta lesado de alguma forma, por qualquer procedimento ou postura adotada por algum participante responsável deste projeto, o Sr. terá o direito a recorrer as vias legais, nas esferas competentes, para requerer a devida reparação.

B. CONSENTIMENTO

Eu declaro ter conhecimento das informações contidas neste documento e ter recebido respostas claras às minhas questões a propósito da minha participação direta (ou indireta) na pesquisa e, adicionalmente, declaro ter compreendido o objetivo, a natureza, os riscos e benefícios deste estudo.

Após reflexão e um tempo razoável, eu decidi, livre e voluntariamente, participar deste estudo. Estou consciente que posso deixar o projeto a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

Nome completo: _____

RG: _____ Data de Nascimento: __/__/__ Telefone: _____

Endereço: _____

CEP: _____ Cidade: _____ Estado: ____

Assinatura: _____ Data: __/__/__

Eu declaro ter apresentado o estudo, explicado seus objetivos, natureza, riscos e benefícios e ter respondido da melhor forma possível às questões formuladas.

Nome completo: _____

Assinatura pesquisador (ou seu representante): _____

Data: __/__/__

Para todas as questões relativas ao estudo ou para retirar-se do mesmo, poderão se comunicar com _____, via e-mail: _____ ou telefone: _____.

Endereço do Comitê de Ética em Pesquisa para recurso ou reclamações do sujeito pesquisado

Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (CEP/UTFPR)

REITORIA: Av. Sete de Setembro, 3165, Rebouças, CEP 80230-901, Curitiba-PR, telefone: 3310-4943, e-mail: coep@utfpr.edu.br

OBS: este documento deve conter duas vias iguais, sendo uma pertencente ao pesquisador e outra ao sujeito de pesquisa.

Rubrica do Pesquisador

Rubrica do Sujeito de Pesquisa

ANEXO

ANEXO 1 – CARTA DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: COMPORTAMENTO DA FADIGA CENTRAL E PERIFÉRICA NO DOMÍNIO EXTREMO DE EXERCÍCIO

Pesquisador: Adriano Eduardo Lima da Silva

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 93268318.8.0000.5547

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANA

Patrocinador Principal: CNPQ

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.941.864

Apresentação do Projeto:

De acordo com os autores:

A redução momentânea na capacidade de gerar força induzida pelo exercício é conhecida como fadiga neuromuscular. Esse fenômeno de diminuição do desempenho muscular pode ser atribuído a fadiga central e/ou periférica. Estudos realizados apontam quais os mecanismos predominantes da fadiga em três domínios de intensidade do exercício: moderado, pesado e severo. No entanto, de acordo com os nossos conhecimentos, não há evidências demonstrando o mecanismo de fadiga no domínio extremo. Dessa forma, o objetivo do presente estudo será investigar o mecanismo de fadiga predominante no domínio extremo e compará-lo com o domínio severo. Dez homens fisicamente ativos serão convidados a comparecer ao laboratório por sete vezes, com intervalo mínimo de 72 horas. Na primeira visita será feita a caracterização da amostra e um teste incremental máximo. A segunda visita resume-se a uma familiarização do participante com o teste até a exaustão e com o protocolo de contração voluntária máxima e estimulação elétrica. Na terceira, quarta e quinta visitas serão realizados testes para identificação da potência crítica (PC) de cada participante. Finalmente, nas duas últimas visitas os participantes realizarão dois testes até a exaustão, um no domínio severo e outro no domínio extremo, a fim de identificar as respostas comportamentais da fadiga central e periférica nesses domínios.

Durante o exercício físico predominantemente aeróbio, a capacidade de gerar força pelo músculo esquelético diminui progressivamente até que o indivíduo não seja mais capaz de executar a

Endereço: SETE DE SETEMBRO 3165

Bairro: CENTRO

UF: PR

Telefone: (41)3310-4494

Município: CURITIBA

CEP: 80.230-901

E-mail: coep@utfpr.edu.br

Continuação do Parecer: 2.941.864

tarefa, o que é chamado de exaustão (TAYLOR, et al., 2016). O término do exercício extenuante parece coincidir com um elevado nível de fadiga (BLACK et al., 2017). A fadiga durante o exercício é desenvolvida através de alterações tanto centrais, quanto periféricas (AMANN, 2011; GANDEVIA, 2001). Fadiga central compreende uma falha do sistema nervoso central (SNC) em recrutar as unidades motoras necessárias para a execução da tarefa (AMANN, 2011). Fadiga periférica por sua vez pode ser entendida pelo processo de alterações bioquímicas na musculatura esquelética, principalmente acúmulo intracelular de metabólitos como H⁺ e fosfato inorgânico intramuscular e K⁺ extracelular, levando a uma resposta refreada à excitação neural (MACINTOSH; SHAHI, 2010). A predominância da origem da fadiga, de origem mais central ou periférica, é dependente da intensidade em que o exercício é realizado (BURNLEY; JONES, 2018). A intensidade de exercício pode ser subdividida em quatro domínios de esforço, sendo eles: moderado, pesado, severo e extremo. O primeiro é caracterizado por intensidades de exercício abaixo do limiar de lactato, desenvolvendo fadiga de maneira lenta e predominante de origem central (ENOKA; STUART, 1992; BURNLEY; JONES, 2018). No domínio pesado, onde a intensidade excede o limiar de lactato, mas permanece abaixo da potência crítica (PC), a fadiga é oriunda tanto de mecanismos centrais, quanto periféricos (BURNLEY; JONES, 2018). A fadiga periférica no domínio pesado é progressiva com o passar do tempo; enquanto a fadiga periférica se desenvolve, o SNC aumenta o recrutamento de unidades motoras adicionais (MACINTOSH; SHAHI, 2010), como inferidos pelo aumento da atividade eletromiográfica (EMG), o que leva a um considerável grau de fadiga central no momento da exaustão (BURNLEY; JONES, 2018). No domínio de intensidade severa, caracterizado por estar entre a PC e o VO₂max, a fadiga periférica é prevalente, apresentando um desenvolvimento linear em função do tempo de exercício, atingindo níveis mais elevados do que no domínio pesado (BURNLEY; VANHATALO; JONES, 2012; JONES et al., 2008). Em contrapartida, pouca ou quase nenhuma fadiga central é documentada nesse domínio (BURNLEY; JONES, 2018). Essas respostas no exercício severo resgatam o conceito de que há um limiar crítico de fadiga periférica que pode ser alcançado, antes que os neurônios sensoriais do tipo III e IV sejam ativados de forma protetiva e envie sinais aferentes para que ocorra a diminuição na emissão de impulsos pelo comando motor central, e conseqüentemente, a exaustão (AMANN, 2011; AMANN et al., 2006; AMANN et al., 2009; BLAIN et al., 2016; VANHATALO et al., 2016). A participação da fadiga central e periférica na ocorrência da exaustão está bem determinada nos domínios descritos acima. Entretanto, no domínio extremo não se sabe quais desses processos são predominantes. O exercício no domínio extremo representa intensidades de exercícios acima da intensidade de ocorrência do consumo máximo de oxigênio (VO₂max), na qual a exaustão ocorre antes que o

Endereço: SETE DE SETEMBRO 3165**Bairro:** CENTRO**CEP:** 80.230-901**UF:** PR**Município:** CURITIBA**Telefone:** (41)3310-4494**E-mail:** coep@utfpr.edu.br

Continuação do Parecer: 2.941.864

indivíduo alcance o seu VO₂max, isto é, antes que o metabolismo oxidativo atinja sua máxima atividade (BURNLEY; JONES, 2018). De acordo com as características desse domínio, a potência extrema impossibilita que o indivíduo mantenha o exercício por um longo período, o que por hipótese poderia reduzir o acúmulo de metabólitos intramuscular e, conseqüentemente, o desenvolvimento de fadiga periférica. Por outro lado, a elevada carga de trabalho exige do SNC um amplo esforço em recrutar unidades motoras adicionais para manter as contrações musculares no ritmo necessário, o que poderia levar a uma falha do SNC em manter a excitação dos motoneurônios para manter a contração muscular durante a tarefa, aumentando assim o desenvolvimento de fadiga central. Acredita-se que no domínio extremo de intensidade de exercício haverá maior incidência de fadiga central e menor incidência de fadiga periférica em comparação ao domínio severo. Embora seja uma hipótese atraente, nenhuma evidência experimental existe acerca dessa questão.

Como hipótese os autores escrevem:

Acredita-se que no domínio extremo de intensidade de exercício haverá maior incidência de fadiga central e menor incidência de fadiga periférica em comparação ao domínio severo.

Quanto à metodologia, segundo os autores:

Cada participante comparecerá ao laboratório 7 (sete) vezes, com intervalo mínimo de 72 horas entre as visitas e máximo de sete dias. A primeira visita consistirá em uma avaliação antropométrica, seguida de teste incremental para determinação do consumo máximo de oxigênio (VO₂max) e o primeiro limiar ventilatório (LV1). A segunda visita terá o objetivo de familiarizar o participante com os testes até a exaustão e com os procedimentos e os aparelhos utilizados para contração voluntária máxima e estimulação elétrica. Nas três visitas seguintes serão realizados testes preliminares para identificação da potência crítica (PC) de cada participante. Os testes experimentais serão feitos nas duas últimas visitas (6a e 7a), onde será realizado, de forma contrabalançada, um teste no domínio severo e outro no domínio extremo de exercício, ambos até a exaustão. Antes da sessão de familiarização, cada participante receberá um registro alimentar, onde identificarão os alimentos consumidos nas 24 horas antecedentes a sessão, para depois orientá-los a replicar nas sessões seguintes. Os participantes serão orientados a não consumir alimentos e bebidas com cafeína 24 horas antes de cada teste e a não realizar nenhum tipo de exercício vigoroso também 24 horas antes.

Para os critérios de inclusão e exclusão os autores escrevem:

a) Inclusão:

Para fazer parte da amostra o participante deverá ser do sexo masculino, adulto (entre 18 e 40

Endereço: SETE DE SETEMBRO 3165

Bairro: CENTRO

CEP: 80.230-901

UF: PR **Município:** CURITIBA

Telefone: (41)3310-4494

E-mail: coep@utfpr.edu.br

Continuação do Parecer: 2.941.864

anos) e fisicamente ativo (mínimo três dias na semana).

b) Exclusão:

Serão excluídos participantes com histórico de lesão musculoesquelética recente, fumantes e que apresentem alguma cardiopatia.

Como Metodologia de Análise de Dados os autores adotarão:

A normalidade dos dados será verificada com teste de Shapiro-Wilk. O tempo de exaustão entre os domínios severo e extremo será comparado usando o teste t pareado. O efeito do domínio de intensidade e tempo (pré- e pós-teste) sobre os parâmetros de fadiga (VA, Qtwpot, Qtw10 e Qtw100) serão verificados por ANOVA de medidas repetidas de dois caminhos. O nível de significância adotado será de $p < 0,05$. Os dados serão apresentados em média \pm desvio padrão. Todas as análises serão feitas utilizando o pacote estatístico STATISTICA (StatSoft Inc., versão 10, Tulsa, OK, USA).

A pesquisa será realizada com 10 participantes.

Objetivo da Pesquisa:

Segundos os autores são objetivos da pesquisa:

Objetivo Primário:

O presente projeto investigará a contribuição de fatores centrais e periféricos para o desenvolvimento da fadiga neuromuscular no domínio extremo de intensidade do exercício, em comparação com o domínio severo. **Objetivo Secundário:** Investigar a contribuição da fadiga central no domínio severo.

Investigar a contribuição da fadiga periférica no domínio severo. Investigar a contribuição da fadiga central do domínio extremo. Investigar a contribuição da fadiga periférica no domínio extremo.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Segundos os autores:

a) Desconfortos e ou riscos:

Os riscos previstos para os participantes da amostra são mínimos, tendo em vista que um dos critérios de inclusão para o estudo são indivíduos saudáveis sem nenhuma patologia grave, e ativos fisicamente. A estimulação elétrica não oferece nenhum risco, apenas um leve desconforto momentâneo e dormência no local do estímulo, sendo que a intensidade máxima do estímulo elétrico será padronizada individualmente. Caso ocorra qualquer desconforto, entretanto, o procedimento será imediatamente interrompido. Para o procedimento da eletroestimulação é feita

Endereço: SETE DE SETEMBRO 3165

Bairro: CENTRO

CEP: 80.230-901

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3310-4494

E-mail: coep@utfpr.edu.br

Continuação do Parecer: 2.941.864

uma raspagem na região do triângulo femoral e no vasto lateral, com um possível risco do surgimento de resposta alérgica local. Caso isso ocorra, uma pomada antialérgica será disponibilizada e o teste imediatamente interrompido. Existem ainda pequenos riscos quanto à realização da coleta de sangue, como pequenos hematomas. A incidência desse sintoma é rara, haja visto se tratar de um procedimento feito diariamente por pacientes diabéticos, por exemplo. Contudo, para evitar qualquer sintoma nesse sentido, os pesquisadores irão adotar agulhas descartáveis de menor calibre e específicas para tal fim. Caso ainda assim o participante tenha algum hematoma, bolsa de gelo será colocada no local da coleta (ponta do dedo) e o teste interrompido. Por fim, os testes da bicicleta são realizados até a exaustão, isto é, até o participante não ser mais capaz de manter a pedalada. Com isso, há possibilidade de desconfortos pós-teste, como por exemplo queda de pressão ou hipoglicemia. Caso isso ocorra, os responsáveis pela pesquisa prestarão os primeiros socorros básicos, como deitar o participante com as pernas para cima (em casos de queda de pressão), ou ingestão de açúcar (em caso de hipoglicemia), e acompanharão o participante até a unidade de saúde mais próxima ao local da pesquisa, se necessário.

b) Benefícios:

O estudo realizado poderá contribuir na evolução do conhecimento científico na área do desempenho esportivo. A participação também tem como retorno dados fisiológicos importantes de cada participante, que são usados para a prescrição de treinamento.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de um projeto relevante na área da Educação Física e da Saúde.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O projeto atende as recomendações da Resolução 466/12.

Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

1) Prever e escrever em todos os documentos, especialmente no projeto, plataforma e TCLE, como os possíveis riscos serão contornados. Buscando o atendimento desta pendência, citar-se-á apenas alguns exemplos de problemas a serem resolvidos: Haverá uma raspagem (tricotomia, imagina-se); uma pequena coleta de sangue (uma gota). Nos documentos solicitados todos os riscos das diferentes etapas da pesquisa devem ser previsto, citados e esclarecidos aos

Endereço: SETE DE SETEMBRO 3165

Bairro: CENTRO

CEP: 80.230-901

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3310-4494

E-mail: coep@utfpr.edu.br

Continuação do Parecer: 2.941.864

participantes do estudo. Verificar estes riscos e incluí-los, da forma mais clara possível, com a possível solução na sequência. ATENDIDO

2) Esclarecer aos participantes no TCLE, os testes que serão realizados com ele (descrever) e quanto tempo e local levará cada uma das sessões. Pelo que observamos no projeto descrito, haverá uma etapa realizada em bicicleta, pois fala em pedal, uma etapa na cadeira extensora e outros detalhes que não aparecem na descrição da participação do voluntário na pesquisa. Adicionalmente, ele deverá anotar o que come, entre outras coisas. É necessário refletir sobre tudo o que ele deverá fazer e esclarecer isso nessa etapa do TCLE. ATENDIDO

Considerações Finais a critério do CEP:

Lembramos aos senhores pesquisadores que, no cumprimento da Resolução CNS no 466 de 2012 e da Norma Operacional no 001 de 2013 do CNS, o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) deverá receber relatórios anuais sobre o andamento do estudo, bem como a qualquer tempo e a critério do pesquisador nos casos de relevância, além do envio dos relatos de eventos adversos, para conhecimento deste Comitê. Salientamos ainda, a necessidade de relatório completo ao final do estudo.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP-UTFPR de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e as suas justificativas.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1167770.pdf	25/09/2018 18:38:41		Aceito
Outros	TermodeConfi_assinado.pdf	25/09/2018 18:33:43	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Detalhado_ultimaversao.docx	25/09/2018 18:33:09	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
Parecer Anterior	Carta_ao_parecerista_ultimaversao.docx	23/09/2018 20:32:09	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_ultimaversao.docx	23/09/2018 19:55:01	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
Cronograma	Cronograma_separado.docx	23/09/2018 19:51:05	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito

Endereço: SETE DE SETEMBRO 3165
 Bairro: CENTRO CEP: 80.230-901
 UF: PR Município: CURITIBA
 Telefone: (41)3310-4494 E-mail: coep@utfpr.edu.br

Continuação do Parecer: 2.941.864

Outros	Protocolo_visitas6e7.docx	03/09/2018 17:04:18	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
Outros	Protocolo_visitas3a5.docx	03/09/2018 17:03:58	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
Outros	Protocolo_visita2.docx	03/09/2018 17:03:39	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
Outros	Protocolo_visita1.docx	03/09/2018 17:03:00	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
Outros	Protocolo_teste_incremental.docx	03/09/2018 17:02:44	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
Outros	TermodeConcorlab_assinado.pdf	03/09/2018 16:57:38	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
Folha de Rosto	FolhadeRosto_Corrigida.pdf	03/09/2018 16:54:30	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

CURITIBA, 04 de Outubro de 2018

Assinado por:
Frieda Saicla Barros
(Coordenador(a))

Endereço: SETE DE SETEMBRO 3165

Bairro: CENTRO

CEP: 80.230-901

UF: PR **Município:** CURITIBA

Telefone: (41)3310-4494

E-mail: coep@utfpr.edu.br