

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**UNIOESTE - CAMPUS DE FOZ DO IGUAÇU**  
**CENTRO DE EDUCAÇÃO, LETRAS E SAÚDE**  
**DEPARTAMENTO DE ENFERMAGEM**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE PÚBLICA EM REGIÃO DE**  
**FRONTEIRA - MESTRADO**

**LUCIELLE BAUMANN LORENZETTI**

**EFEITOS DA BIOCERÂMICA NA RECUPERAÇÃO MUSCULAR DE DIABÉTICOS**  
**TIPO 1 DURANTE PROTOCOLO DE EXERCÍCIOS RESISTIDOS**

**FOZ DO IGUAÇU**  
**2018**

**LUCIELLE BAUMANN LORENZETTI**

**Efeitos da biocerâmica na recuperação muscular de diabéticos tipo 1 durante protocolo de exercícios resistidos**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Mestrado de Saúde Pública em Região de Fronteira, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Saúde Pública.

Orientador: Prof. Dr. Lucinar Jupir Forner Flores

**Foz do Iguaçu  
2018**

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Lorenzetti, Lucielle Baumann  
Efeitos da biocerâmica na recuperação muscular de diabéticos tipo 1 durante protocolo de exercícios resistidos / Lucielle Baumann Lorenzetti; orientador(a), Lucinar Jupir Forner Flores, 2018.  
78 f.

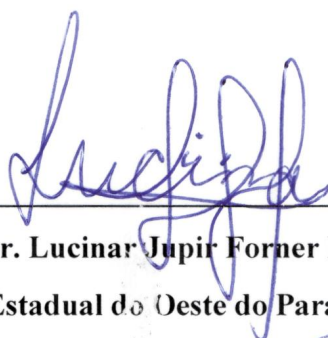
Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Foz do Iguaçu, Centro de Educação, Letras e Saúde, Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública em Região de Fronteira, 2018.

1. Diabetes Mellitus Tipo 1. 2. Exercício. 3. Estresse Oxidativo. 4. Raios Infravermelhos. I. Flores, Lucinar Jupir Forner. II. Título.

LORENZETTI, L. B. **Efeitos da biocerâmica na recuperação muscular de diabéticos tipo 1 durante protocolo de exercícios resistidos.** 78 f. Dissertação de Mestrado em Saúde Pública em Região de Fronteira - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Orientador: Lucinar Jupir Forner Flores. Foz do Iguaçu, 2018. LUCIELLE BAUMANN LORENZETTI.

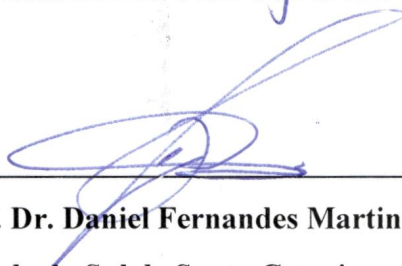
Aprovado em 07/12/2018.

**BANCA EXAMINADORA**



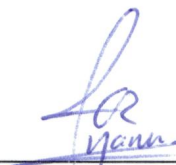
---

**Prof. Dr. Lucinar Jupir Forner Flores**  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste



---

**Prof. Dr. Daniel Fernandes Martins**  
Universidade do Sul de Santa Catarina - Unisul



---

**Prof. Dr. Fernando Kenji Nampo**  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste

*Dedico este trabalho aos meus filhos, João Vitor e Pedro Henrique, ao meu esposo Mauricio e aos meus pais, Arno e Maria Ester.*

*Meu ouro, meu céu, minha paz, minha vida, meu lar.*

## **Agradecimentos**

Chegando ao final dessa caminhada tenho muito a agradecer.

Obrigada ao meu esposo Mauricio, pelas parceria incrível. Obrigada aos meus filhos, João e Pedro, que entenderam as ausências e sempre me encheram de amor.

Agradeço aos meus pais, pelo incentivo, pela ajuda, por terem sido avós maravilhosos. Ao meu irmão, Douglas, por acreditar e me incentivar. Agradeço também meu sogro e minha sogra, sempre tão presentes nesse processo.

Obrigada, Renan, por ter me incentivado a entrar nesse caminho. E ao meu querido orientador Lucinar, muito obrigada por me receber. Agradeço sua dedicação, sua paciência, sua alegria, sua sabedoria. Esse caminho foi muito mais agradável por ser ao seu lado, professor.

Meus colegas de turma, quanto aprendizado convivendo com vocês. Alexandre, conversar contigo sempre foi uma alegria aos meus dias, aprendi muito contigo. Arthur, como foi bom rir com você. Fabi, já tenho saudade do seu chimarrão. Jana, tão querida sempre, com o melhor pão de mel da vida. Sandra, arretada do coração, da beringela e do chocolate quente. Cleide, minha companheira de carona, de conversas e ensinamentos. Adri e Meire, foi muito bom conviver com vocês. Aos professores tão especiais. E à CAPES, pela bolsa concedida.

Um salve para o pessoal do Ladesp, o melhor laboratório. Tony, Fernando, Pedro, Michelli, Suzi e profe Lilian, muito obrigada por terem tornado os dias mais leves.

À Ana, Débora, Deyse, Fernanda, Taís - que tanto me ouvia - e todos amigos que souberam entender quando não pude estar presente.

Agradeço a todos que me ajudaram a fazer este projeto acontecer. A Débora, prima querida que tanto me auxiliou nos primeiros passos. Ao Dr. Fernando, ao Karsten, a Julia. A Gizele que com tanto carinho cuidava dos meus quando eu não pude.

E, acima de tudo, obrigada meu Deus. Gratidão imensa por tudo que aconteceu até aqui.

*Isso de ser exatamente o que se é ainda vai nos  
levar além.*

*Paulo Leminski*

## Resumo

LORENZETTI, L. B. **Efeitos da biocerâmica na recuperação muscular de diabéticos tipo 1 protocolo de exercício resistido**. 78 f. Dissertação de Mestrado em Saúde Pública em Região de Fronteira - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Orientador: Lucinar Jupir Forner Flores. Foz do Iguaçu, 2018.

No diabetes mellitus tipo 1, o estado de hiperglicemia crônica leva o organismo ao estresse oxidativo, sendo esse o principal causador das complicações decorrentes da doença. Para o tratamento, combina-se insulino-terapia, dieta adequada e exercício físico. Diante desses aspectos, neste estudo, o objetivo foi avaliar a ação da biocerâmica associada a quatro semanas de um protocolo de exercícios físicos resistidos em diabéticos do tipo 1 em variáveis de desempenho muscular e de estresse oxidativo. Treze homens diabéticos tipo 1 iniciaram o estudo. Foram alocados de forma aleatória em grupo controle e grupo biocerâmica. Ambos realizaram o mesmo protocolo de exercício físico resistido de quatro semanas; o grupo biocerâmica usou uma camiseta impregnada de biocerâmica todas as noites durante o período da intervenção, o grupo controle, por sua vez, usou camiseta placebo. Foram realizadas avaliações antropométricas, de desempenho neuromuscular e de estresse oxidativo antes e após a intervenção. Seis participantes finalizaram o estudo. Os dados antropométricos apresentaram pequenas variações pós-intervenção em ambos os grupos, GC n=3 e GB n=3, com aumento da média do IMC. A Hb1Ac apresentou  $\Delta\%$  de 1,19 no GC e  $\Delta\%$  -2,41 no GB, havendo uma redução no valor médio da Hb1Ac nesse grupo. Nas avaliações de desempenho muscular, ambos os grupos apresentaram resultados maiores após a intervenção, com valores de  $\Delta\%$  CMJ no GC 2,03 e  $\Delta\%$  CJM no GB 34,82;  $\Delta\%$  SJ no GC 7,11 e  $\Delta\%$  SJ no GB 21,10;  $\Delta\%$  1RM agachamento GC 11,73, e  $\Delta\%$  1RM agachamento GB 12,50;  $\Delta\%$  1RM supino GC 11,17, e  $\Delta\%$  1RM supino no GB 19,18. As avaliações do estresse oxidativo apresentaram valores médios de TBARS maiores no GC, com  $\Delta\%$  129,67. O GB teve  $\Delta\%$  -1,48; carbonil teve redução nos valores médios em ambos os grupos após a intervenção. As enzimas SOD e CAT apresentaram valores médios menores após a intervenção no GC, com  $\Delta\%$  de -45,77 para a SOD e  $\Delta\%$  -27,93 para a CAT. No GB, ambas as enzimas apresentaram concentrações superiores após a intervenção, com  $\Delta\%$  de 65,44 para a SOD e  $\Delta\%$  43,11 para a CAT. Marcadores de desempenho muscular tiveram possível resposta positiva ao protocolo de exercícios proposto, com resultados de  $\Delta\%$  melhores no GB. Os principais achados foram relacionados ao estresse oxidativo, com redução dos valores médios de TBARS, de SOD e de CAT no GB após a intervenção. Variações individuais nas análises das variáveis foram encontradas em ambos os grupos. O estudo indica um possível efeito benéfico do uso da camiseta com biocerâmica sobre marcadores de desempenho muscular e sobre o estresse oxidativo.

Palavras-chave: Diabetes Mellitus Tipo 1; Exercício; Estresse Oxidativo; Raios Infravermelhos



## Abstract

LORENZETTI, L. B. Effects of bioceramic in type 1 diabetic muscular recovery during resistance exercises protocol. 78 f. Dissertation of Master in Public Health - State University of Western Paraná. Supervisor: Lucinar Jupir Forner Flores. Foz do Iguaçu, 2018.

In type 1 diabetes mellitus chronic hyperglycemia state leads the organism to oxidative stress, and this is the main cause of complications resulting from the disease. For treatment, insulin therapy, proper diet and physical exercise are combined. In this study, the objective was to evaluate the bioceramic action associated to four weeks of a resistance physical exercise protocol in type 1 diabetics in variables of muscular performance and oxidative stress. Thirteen type 1 diabetic men initiated the study. They were randomly assigned to control group (GC) and bioceramic group (GB). Both performed the same four-week resistance exercise protocol, and the bioceramic group wore a T-shirt impregnated with bioceramic every night during the intervention period while the control group wore a placebo t-shirt. Anthropometric, neuromuscular performance and oxidative stress assessments were performed before and after intervention. Six participants finished the study. Anthropometric data showed slight post-intervention variations in both groups, GC n=3 and GB n=3, with an average increase in BMI. Hb1Ac had  $\Delta\%$  of 1.19 in GC and  $\Delta\%$  -2.41 in GB, with a reduction in the mean value of Hb1Ac in this group. Muscular performance evaluations demonstrated that both groups presented higher results after the intervention, with values of  $\Delta\%$  CMJ in GC 2.03 and  $\Delta\%$  CJM in GB 34,82;  $\Delta\%$  SJ in GC 7.11 and  $\Delta\%$  SJ in GB 21.10;  $\Delta\%$  1RM squatting GC 11.73, and  $\Delta\%$  1RM squatting GB 12.50;  $\Delta\%$  1RM supine GC 11.17, and  $\Delta\%$  1RM supine in GB 19,18. The oxidative stress evaluations had higher mean values of TBARS in the CG, with  $\Delta\%$  129,67. GB had  $\Delta\%$  -1.48; carbonyl group had a reduction in mean values in both groups after the intervention. The SOD and CAT enzymes presented lower mean values after the intervention in the GC, with  $\Delta\%$  -45.77 for SOD and  $\Delta\%$  -27.93 for CAT. In GB, both enzymes had higher concentrations after the intervention, with  $\Delta\%$  of 65.44 for SOD and  $\Delta\%$  43.11 for CAT. Muscular performance markers had a possible positive response to the proposed exercise protocol, with better  $\Delta\%$  results in GB. The main findings were related to oxidative stress, with reduction of mean values of TBARS, SOD and CAT in GB after the intervention. Individual variations were found in both groups. The study indicates a possible beneficial effect of using bioceramic t-shirts on markers of muscular performance and on oxidative stress.

Key words: Diabetes Mellitus, Type 1; Exercise; Oxidative Stress; Infrared Rays.

## Resumen

LORENZETTI, L. B. Efecto de la biocerámica en la recuperación muscular de diabéticos tipo 1 durante protocolo de ejercicios resistidos. 78 f. Dissertación de Maestría en Salud Publica - Universidad del Estado del Oeste del Paraná Líder: Lucinar Jupir Forner Flores. Foz do Iguaçu, 2018.

En la diabetes mellitus tipo 1 el estado de hiperglicemia crónica lleva al organismo al estrés oxidativo, y éste es el principal causante de las complicaciones derivadas de la enfermedad. Para el tratamiento, se combina insulino terapia, dieta adecuada y ejercicio físico. En este estudio, el objetivo fue evaluar la acción de la biocerámica asociada a cuatro semanas de un protocolo de ejercicios físicos resistidos en diabéticos del tipo 1 en variables de desempeño muscular y de estrés oxidativo. Trece hombres diabéticos tipo 1 comenzaron el estudio. Se asignaron de forma aleatoria en grupo control y grupo biocerámica. Ambos realizaron el mismo protocolo de ejercicio físico resistido de cuatro semanas, y el grupo biocerámico usó una camiseta impregnada de biocerámica todas las noches durante el período de la intervención mientras el grupo control usó la camiseta de placebo. Las evaluaciones antropométricas, de rendimiento neuromuscular y de estrés oxidativo se realizaron pre y tras intervención. Seis participantes finalizaron el estudio. Los datos antropométricos presentaron pequeñas variaciones post-intervención en ambos grupos, GC n=3 e GB n=3, con un aumento promedio de IMC. La Hb1Ac presentó  $\Delta\%$  de 1,19 en el GC y  $\Delta\%$  -2,41 en el GB, habiendo una reducción en el valor medio de la Hb1Ac en este grupo. En las evaluaciones de desempeño muscular, ambos grupos presentaron resultados mayores después de la intervención, con valores de  $\Delta\%$  CMJ en el GC 2,03 y  $\Delta\%$  CJM en el GB 34,82;  $\Delta\%$  SJ en el GC 7,11 y  $\Delta\%$  SJ en el GB 21,10;  $\Delta\%$  1RM agachado GC 11,73, y  $\Delta\%$  1RM agachado GB 12,50;  $\Delta\%$  1RM supino GC 11,17, y  $\Delta\%$  1RM supino en el GB 19,18. Las evaluaciones del estrés oxidativo presentaron valores medios de TBARS mayores en el GC, con  $\Delta\%$  129,67. El GB tuvo  $\Delta\%$  -1,48; carbonil tuvo una reducción en los valores medios en ambos grupos después de la intervención. Las enzimas SOD y CAT presentaron valores medios menores después de la intervención en el GC, con  $\Delta\%$  de -45,77 para la SOD y  $\Delta\%$  -27,93 para la CAT. En el GB, ambas enzimas presentaron concentraciones superadas después de la intervención, con  $\Delta\%$  de 65,44 para la SOD y  $\Delta\%$  43,11 para la CAT. Los marcadores de rendimiento muscular tuvieron una respuesta positiva al protocolo de ejercicios propuesto, con resultados de  $\Delta\%$  mejores en el GB. Los principales hallazgos fueron relacionados con el estrés oxidativo, con reducción de los valores medios de TBARS, de SOD y de CAT en el GB después de la intervención. Las variaciones individuales en los análisis de las variables se encontraron en ambos grupos. El estudio indica un posible efecto benéfico del uso de la camiseta con biocerámica sobre marcadores de desempeño muscular y sobre el estrés oxidativo.

Palabras clave: Diabetes Mellitus Tipo 1; Ejercicio; Estrés Oxidativo; Rayos Infrarrojos.

## Lista de ilustrações

Figura 1 – Figura 1. Desenho experimental do estudo. . . . .	33
Figura 2 – Figura 2. Salto counter moviment jump (CMJ) . . . . .	35
Figura 3 – Figura 3. Salto squat jump (SJ) . . . . .	36
Figura 4 – Figura 4. Camiseta placebo. . . . .	38
Figura 5 – Figura 5. Camiseta com biocerâmica. . . . .	39
Figura 6 – Figura 6. Organograma do estudo. . . . .	41
Figura 7 – Gráfico 1. Resultados da análise de TBARS do grupo controle, em nmol/mg. . . . .	44
Figura 8 – Gráfico 2. Resultados da análise de carbonil do grupo controle, em nmol/mg. . . . .	45
Figura 9 – Gráfico 3. Resultados da análise de SOD do grupo controle, em U/mg. . . . .	45
Figura 10 – Gráfico 4. Resultados da análise de CAT do grupo controle, em U/mg. . . . .	46
Figura 11 – Gráfico 5. Resultados da análise de TBARS do grupo biocerâmica, em nmol/mg. . . . .	46
Figura 12 – Gráfico 6. Resultados da análise de carbonil do grupo biocerâmica, em nmol/mg. . . . .	47
Figura 13 – Gráfico 7. Resultados da análise de SOD do grupo biocerâmica, em U/mg. . . . .	47
Figura 14 – Gráfico 8. Resultados da análise de CAT do grupo biocerâmica, em U/mg. . . . .	48

## Lista de tabelas

Tabela 1 – Resultados pré e após intervenção de treinamento físico e uso de biocerâmica.	42
Tabela 2 – Resultados de desempenho neuromuscular pré e após intervenção de treinamento físico e uso de biocerâmica . . . . .	43
Tabela 3 – Resultados das análises de estresse oxidativo pré e após intervenção de treinamento físico e uso de biocerâmica. . . . .	44
Tabela 4 – $\Delta\%$ de valores dos marcadores de estresse oxidativo pré e pós intervenção nos grupos controle e biocerâmica. . . . .	48

## Lista de abreviaturas e siglas

1RM	1 Repetição Máxima
CAT	Catalase
CMJ	Countermovement jump
COX-2	Ciclo-oxigenase 2
DG	Diabetes Gestacional
DM	Diabetes mellitus
DM1	Diabetes Mellitus Tipo 1
DM2	Diabetes Mellitus Tipo 2
DNA	Ácido desoxirribonucleico
FIR	Far-infrared radiation
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Peróxido de hidrógeno
HPLC	Cromatografia líquida de alta eficiência
IDF	International Diabetes Federation
IL-6	Interleucina 6
IMC	Índice de Massa Corporal
MDA	Malondialdeído
MIN	Minutos
NADPH	Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo Fosfato reduzido
NO	óxido nítrico
PGE	Prostaglandina
RIV	Radiação infra-vermelha
RNS	Espécies reativas de nitrogênio
ROS	Espécies reativas de oxigênio
SJ	Squat jump
SOD	Superóxido dismutase

SUS	Sistema Único de Saúde
T1DM	Diabetes mellitus tipo 1
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UV	Ultra Violeta
VFC	Variabilidade de Frequência Cardíaca

## Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>Objetivo . . . . .</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo Geral . . . . .</b>	<b>18</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos . . . . .</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>Revisão da literatura . . . . .</b>	<b>19</b>
<b>3.1</b>	<b>Diabetes mellitus tipo 1 . . . . .</b>	<b>19</b>
<b>3.2</b>	<b>Estresse oxidativo . . . . .</b>	<b>20</b>
<b>3.3</b>	<b>Diabetes mellitus tipo 1 e estresse oxidativo . . . . .</b>	<b>22</b>
<b>3.4</b>	<b>Diabetes mellitus tipo 1 e exercício físico . . . . .</b>	<b>24</b>
<b>3.5</b>	<b>Diabetes mellitus tipo 1 e exercício resistido . . . . .</b>	<b>25</b>
<b>3.6</b>	<b>Exercício físico e estresse oxidativo . . . . .</b>	<b>27</b>
<b>3.7</b>	<b>Recuperação pós exercício . . . . .</b>	<b>28</b>
<b>3.8</b>	<b>Material biocerâmico emissor de infravermelho . . . . .</b>	<b>29</b>
<b>4</b>	<b>Materiais e métodos . . . . .</b>	<b>33</b>
<b>4.1</b>	<b>Desenho experimental . . . . .</b>	<b>33</b>
<b>4.2</b>	<b>Sujeitos . . . . .</b>	<b>34</b>
<b>4.3</b>	<b>Antropometria . . . . .</b>	<b>34</b>
<b>4.4</b>	<b>Variabilidade de frequência cardíaca . . . . .</b>	<b>34</b>
<b>4.5</b>	<b>Desempenho Muscular . . . . .</b>	<b>35</b>
<b>4.6</b>	<b>Determinação da carga dos exercícios físicos - teste de 1RM . . . . .</b>	<b>36</b>
<b>4.7</b>	<b>Treinamento físico resistido . . . . .</b>	<b>36</b>
<b>4.8</b>	<b>Utilização da camiseta com biocerâmica . . . . .</b>	<b>37</b>
<b>4.9</b>	<b>Hemoglobina glicada . . . . .</b>	<b>39</b>
<b>4.10</b>	<b>Avaliação do estresse oxidativo . . . . .</b>	<b>40</b>
<b>4.11</b>	<b>Análise estatística . . . . .</b>	<b>40</b>
<b>5</b>	<b>Resultados . . . . .</b>	<b>41</b>
<b>6</b>	<b>Discussão . . . . .</b>	<b>50</b>
<b>7</b>	<b>Conclusão . . . . .</b>	<b>54</b>
<b>8</b>	<b>Referências . . . . .</b>	<b>55</b>

<b>APÊNDICES</b>	<b>68</b>
<b>APÊNDICE A – Termo de consentimento livre e esclarecido . . . . .</b>	<b>69</b>
<b>APÊNDICE B – Ficha de coleta de dados . . . . .</b>	<b>71</b>
<b>APÊNDICE C – Termo de doação de materiais . . . . .</b>	<b>72</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>74</b>
<b>ANEXO A – Parecer consubstanciado do CEP . . . . .</b>	<b>75</b>



## 1 Introdução

O diabetes Mellitus é um grupo de doenças metabólicas de característica crônica, caracterizado pela deficiência de secreção de insulina pelo pâncreas, deficiência da ação da insulina, ou, ainda, uma combinação de ambas (ADA, 2010). Em indivíduos diabéticos, a glicose não é absorvida apropriadamente e permanece circulante no sangue, levando a condição de hiperglicemia. Essa condição provoca danos nos tecidos de múltiplos órgãos, prejudicando as suas funções e levando a complicações de saúde (IDF, 2017).

São três os principais tipos de diabetes mellitus: a do tipo 1 (DM1), com ausência da produção de insulina; a do tipo 2 (DM2), com deficiência relativa de insulina, e a diabetes gestacional (DG). Existem ainda outras formas mais específicas de diabetes, mas são mais raras. Harcourt, Penfold e Forbes (2013) afirmam que uma grande parte dos indivíduos diabéticos desenvolverá algum tipo de complicação. As complicações podem ser classificadas em microvasculares e macrovasculares. As microvasculares têm como principal fator de risco a hiperglicemia, e incluem nefropatia, retinopatia, neuropatia; já as complicações macrovasculares incluem trombose e aterosclerose em grandes vasos do coração, do cérebro e artérias (DIMEGLIO; EVANS-MOLINA; ORAM, 2018). Segundo DiMeglio, Evans-Molina e Oram (2018), as doenças cardiovasculares são a principal causa de morbidade e de mortalidade para o grupo de diabéticos.

A doença é considerada uma epidemia global emergente, e, em todo o mundo, é uma das maiores causas de morbidade e de mortalidade. Conforme destacam Katsarou et al. (2017), 8,8% da população mundial tem diabetes, e aproximadamente 10% desses têm DM1. DiMeglio, Evans-Molina e Oram (2018), em seu trabalho, apontam para um aumento de 2 a 3% tanto na incidência quanto na prevalência da DM1 no mundo, com dados que variam conforme região geográfica. No Sistema Único de Saúde (SUS), a DM é, junto com a hipertensão arterial sistêmica, a primeira causa de hospitalizações e de mortalidade, gerando altos custos ao Sistema (BRASIL, 2013).

O exercício físico regular é indicado a pacientes diabéticos por seus benefícios clínicos, que incluem melhora na sensibilidade a insulina, melhora no controle da massa corporal, do aspecto psicológico do diabético, redução da inflamação sistêmica e proteção a fatores associados a doenças cardiovasculares (CHIMEN et al., 2012; GALASSETTI; RIDDELL, 2013).

Há recomendações para prática de exercícios resistidos por diabéticos do tipo 1 (DM1) duas a três vezes na semana em dias não consecutivos (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2018; CHIANG et al., 2014), envolvendo o maior número de grupamentos musculares; porém, são necessários a supervisão de um profissional e o monitoramento da glicemia por até 48 horas após o exercício (AMERICAN ASSOCIATION OF DIABETES EDUCATORS, 2012; BRASIL, 2013).

O exercício físico leva a um aumento de metabolismo com consequente estresse oxidativo (GACITUA et al., 2018). Com a prática regular de exercício físico, Park e Kwak (2016) afirmam que o organismo melhora a capacidade antioxidante do organismo e há equilíbrio no estresse oxidativo.

Com a intenção de reduzir o dano muscular pós-exercício físico e melhorar a recuperação muscular, diversas técnicas são usadas, entre elas suplementos nutricionais, massagens, crioterapia, roupas compressivas e o uso de radiação infravermelha (FIR) também é apresentado como alternativa por seus efeitos biológicos (HAUSSWIRTH et al., 2011).

Dentre esses métodos, destaca-se a radiação infravermelha (FIR) como uma forma alternativa de terapia para recuperação pós-exercício físico, por apresentar efeitos biológicos, entre esses, o aumento do fluxo sanguíneo, a redução do estresse oxidativo e de inflamação, e, ainda, a melhora da função muscular pós-exercício, conforme pontuam Loturco et al. (2016). Cidral-Filho e Martins (2014) expõem que a biocerâmica (cFIR) pode ser incorporada a tecidos e tintas, e podem ser desenvolvidos produtos que proporcionam inúmeros benefícios à saúde, com inclusão de atividade analgésica, anti-inflamatória e antioxidante.

Considerando o apresentado, busca-se neste estudo resposta para os efeitos da utilização da biocerâmica na recuperação muscular de diabéticos tipo 1 após a realização de um protocolo de exercícios resistidos.

## **2 Objetivo**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar os efeitos da biocerâmica utilizada durante o sono na recuperação muscular de diabéticos tipo1 submetidos a um programa de exercícios resistidos.

### **2.2 Objetivos específicos**

Avaliar a ação da biocerâmica após quatro semanas de um protocolo de exercícios físicos resistidos em um grupo de diabéticos do tipo 1 considerando as seguintes variáveis:

- Variabilidade de frequência cardíaca;
- Marcadores de desempenho muscular;
- Marcadores de estresse oxidativo.

### 3 Revisão da literatura

#### 3.1 Diabetes mellitus tipo 1

O diabetes tipo 1 é caracterizado como uma doença autoimune (ATKINSON; EISENBARTH; MICHELS, 2014; DIMEGLIO; EVANS-MOLINA; ORAM, 2018), tendo apresentação principalmente; porém, não exclusivamente na infância (ATKINSON; EISENBARTH; MICHELS, 2014). Sabe-se que uma complexa ação entre sistema imune, genoma, ambiente e metabolismo é responsável pela doença, que pode apresentar variações na sua apresentação (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2018; DIMEGLIO; EVANS-MOLINA; ORAM, 2018; IDF, 2017).

Os indivíduos com DM1 apresentam uma deficiência de insulina, que, com a evolução da doença, passa a ser absoluta, podendo ocorrer, segundo Canivell e Gomis (2014), por causas autoimunes ou ainda idiopáticas. Por conta da deficiência da insulina, conforme apontado em trabalhos como o de Galassetti e Riddell (2013), Atkinson et al. (2014) e DiMeglio et al. (2018), os diabéticos tipo 1 apresentam condição de hiperglicemia e necessitam de aporte de insulina exógena durante toda sua vida.

O diagnóstico leva em conta sintomas como poliúria, polidipsia, perda de massa corporal (ATKINSON; EISENBARTH; MICHELS, 2014; BRASIL, 2013; DIMEGLIO; EVANS-MOLINA; ORAM, 2018; IDF, 2017), além da hiperglicemia. Todavia, em adultos, pode haver variações dos sintomas, o que por vezes leva-se a confundir diagnósticos de diabetes do tipo 1 com diabetes do tipo 2 (CHIANG et al., 2014; DIMEGLIO; EVANS-MOLINA; ORAM, 2018).

A DM1 corresponde a 5-10% dos casos totais de diabetes (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2018). Nessa forma de apresentação da doença, há uma destruição por mecanismo autoimune de células beta pancreáticas (ATKINSON; EISENBARTH; MICHELS, 2014; BRASIL, 2013). Os indivíduos com esse tipo de diabetes tornam-se insulino-dependentes, tratamento que é estendido por toda a vida (ATKINSON; EISENBARTH; MICHELS, 2014; IDF, 2017).

A destruição dessas células se dá por meio de células T do mecanismo autoimune do portador, e pode-se notar a presença de infiltrados inflamatórios que afetam as ilhotas pancreáticas. A presença de marcadores imunes de destruição está em 85-90% dos casos, e estudos sugerem a DM1 como um estado pró-inflamatório (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2016; ASKENASY; ASKENASY, 2013). Essa condição inflamatória sistêmica constante foi citada em diversos estudos (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2016; COLEMAN et al., 2015; GALASSETTI; RIDDELL, 2013; GOLBIDI; BADRAN; LAHER, 2012), e muitas das complicações da doença podem vir dessa condição (HAMER; STEPTOE, 2012; KIM et al., 2014).

O que desencadeia o processo de destruição autoimune das células beta pancreáticas ainda não está bem definido, considerando que podem ser ações de fatores ambientais e predisposições genéticas (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2017; SIMMONS; MICHELS, 2015)

Há uma tendência global ao aumento de casos de diabetes, com valores que variam conforme região geográfica (DIMEGLIO; EVANS-MOLINA; ORAM, 2018; SIMMONS; MICHELS, 2015). Segundo a IDF (2017), há uma incidência maior de diabetes tipo 1 no Brasil, Uruguai e Argentina e menor no Peru e Paraguai, possivelmente pela composição étnica desses países.

Dados do IDF (IDF, 2013, 2015, 2017) estimam que 8% da população adulta da América do Sul e América Central tem diabetes. São 118.600 diabéticos do tipo 1, com menos de 20 anos de idade, e 12.700 novos diagnósticos em crianças. No Brasil, são aproximadamente 88.300 diabéticos tipo 1 com menos de 20 anos. Com isso, o Brasil é o terceiro país em números de casos de diabetes tipo 1 em menores de 20 anos no mundo. O gasto do país com a doença chega a 24 bilhões de dólares, e mais da metade dos casos de óbito por consequência da doença das Américas Central e do Sul acontece no Brasil.

Entre os diabéticos do tipo 1 (DM1), a doença cardiovascular é a maior causa de morbidade e de mortalidade, conforme o estudo de Dimeglio, Evans-Molina e Oram (2018), com redução entre 8 a 13 anos na expectativa de vida. As complicações microvasculares têm a sua causa primária na hiperglicemia e consequente estresse oxidativo.

### **3.2 Estresse oxidativo**

O processo de oxidação acontece no corpo humano durante o curso normal do metabolismo, e como resultado desse processo de oxidação tem-se a formação de radicais livres (BARREIROS; DAVID; DAVID, 2006). Os radicais livres (FR) são moléculas ou ainda fragmentos de moléculas que apresentam alta reatividade, pois têm um ou mais elétrons não pareados em sua camada de valência, que tendem a reagir com outras moléculas em processos de oxidação (FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006). Esses FR, ou espécies reativas (RS), podem derivar do nitrogênio, do enxofre, do carbono, de halógenos e principalmente do oxigênio, chamadas espécies reativas de oxigênio (ROS) e têm 90% da sua produção nas mitocôndrias. Diversas oxidases também formam ROS, como a xantina oxidase e a NADPH oxidase (LUSHCHAK, 2014).

Além do processo de respiração, os FR podem ser gerados também quando há exposição do organismo a infecções, durante exercício físico intenso, por ação de exposição a poluentes, à radiação UV e a pesticidas, conforme apontam Pisoschi e Pop (2015), e, quando em baixas concentrações, os radicais livres têm função de sinalização. Células do sistema imune produzem o ROS superóxido, e a sua formação tem papel essencial no controle da homeostase do organismo (FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006).

Entre os FR, os mais importantes são as ROS. Durante o processo natural de metabolismo do oxigênio, 2 a 5% de todo oxigênio consumido se transforma em superóxido ( $O_2^{\bullet-}$ ), um composto altamente reativo. Há também a formação de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), composto que não apresenta elétrons não pareados; todavia, é considerado um ROS, pois apresenta alta toxicidade e capacidade de gerar ROS; além disso, a sua produção é catalisada pela enzima superóxido dismutase (SOD). E outro radical derivado do oxigênio é o hidroxila ( $OH^{\bullet}$ ), um composto altamente reativo e tóxico sem antioxidante específico, causador de peroxidação lipídica e oxidação protéica (FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006). O radical hidroxila é responsável pelo dano oxidativo de diversas biomoléculas, conforme Pisoschi e Pop (2015), sendo ele o radical mais poderoso, podendo interagir com moléculas orgânicas e inorgânicas.

Quando há concentrações baixas de ROS no organismo, eles têm ação sinalizadora, com atividade no controle de funções vasculares, crescimento, apoptose e migração celular, resposta à expressão gênica e ainda remodelamento de matriz celular. Contudo, quando suas concentrações são aumentadas, os ROS geram dano oxidativo, condição essa encontrada em patologias como diabetes e hipertensão arterial, quando ocorre aumento da produção de ROS (REIS et al., 2008).

Os efeitos negativos dos ROS se dão pela sua capacidade de alterar funções celulares, induzir processos inflamatórios e provocar apoptose em células sadias (FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006), estando o estresse oxidativo ligado a diversas doenças, como doenças neurodegenerativas, cardiovasculares, câncer, diabetes, entre outras (BARBOSA; OLIVEIRA; SEARA, 2008; BARREIROS; DAVID; DAVID, 2006; FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006; LICHTENBERG; PINCHUK, 2015; PISOSCHI; POP, 2015). As moléculas mais susceptíveis a oxidação são os lipídios, com formação de malondialdeído (MDA) (FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006; PISOSCHI; POP, 2015). As ROS podem também oxidar proteínas, levando a alterações estruturais ou alterações de funções enzimáticas (FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006), e ainda causar danos ao DNA, sendo a oxidação do DNA fortemente ligada ao câncer e envelhecimento celular. Essas alterações no DNA, nos lipídios e nas proteínas causadas pelas ROS podem resultar na ocorrência de mais moléculas reativas (PISOSCHI; POP, 2015).

Para manter a homeostase, um sistema complexo de antioxidante atua na sua produção, na eliminação ou na minimização dos seus efeitos, conforme Lushchak (2014). Os antioxidantes podem ser exógenos, advindos em sua maior parte da ingestão nutricional, ou endógenos, os antioxidantes enzimáticos (FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006; LUSHCHAK, 2014). Entre os não enzimáticos estão: vitamina E, vitamina C, vitamina A e  $\beta$ -caroteno, flavonoides, tióis, coenzima Q10, ácido úrico, ferritina e outros; entre os enzimáticos estão: superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), glutationaperoxidase (GPX) (BARREIROS; DAVID; DAVID 2006; FINAUD; LAC; FILAIRE 2006; PISOSCHI; POP2015).

Em situações normais, a produção de FR e de antioxidantes no organismo se equilibra, mantendo a homeostase. Quando há um desequilíbrio entre esses dois sistemas, pendendo para os FR, encontra-se o estado de estresse oxidativo (LICHTENBERG; PINCHUK, 2015;

LUSHCHAK, 2014; PISOSCHI; POP, 2015). Diversas patologias estão associadas com o estresse oxidativo, a exemplo de Parkinson, Alzheimer (FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006; LICHTENBERG; PINCHUK, 2015; PISOSCHI; POP, 2015), esclerose lateral amiotrófica, enfisema, doenças cardiovasculares, doenças inflamatórias, cataratas, câncer (BARBOSA; OLIVEIRA; SEARA, 2008; BARREIROS; DAVID; DAVID, 2006; LUSHCHAK, 2014; PISOSCHI; POP, 2015) e diabetes (HARCOURT; PENFOLD; FORBES, 2013; KATSAROU et al., 2017; PISOSCHI; POP, 2015).

Para análise do estresse oxidativo, usam-se habitualmente: a mensura dos radicais livres de forma direta, técnica pouco utilizada in vivo pela vida média extremamente curta das moléculas e alto custo, e a leitura dos danos a lipídios, a proteínas e ao DNA. A mensura dos danos oxidativo às moléculas de lipídio tem como principal alvo o MDA, mensurado comumente pelo teste de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), o qual identifica a presença de MDA quando essa reage com o ácido tiobarbitúrico. Esse teste não é específico para esta substância e com leitura não fidedigna do estado real, por ser influenciado por conta do MDA estar presente em alimentos, eleva-se a sua concentração não relacionada ao estresse oxidativo. Pode-se ainda fazer a leitura pelos grupos carbonila, gerados pelas modificações que os FR induzem nas proteínas, sendo esses os mais relevantes ao se tratar de biomarcadores de danos a proteínas. Com relação aos danos ao DNA, causados de várias formas pelas ROS, o marcador mais utilizado é o composto 8-hidroxil-2'-deoxiguanosina (8-OHdG), produzido pela oxidação induzida dos FR a guanina (BARBOSA; OLIVEIRA; SEARA, 2008; FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006).

Pode-se ainda estimar o estresse oxidativo com base nos antioxidantes, principalmente na atividade de enzimas antioxidantes, a exemplo da superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e glutationaperoxidase (GPX), ou ainda de vitaminas antioxidantes, como vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol), vitamina C (ácido ascórbico) e vitamina A ( $\beta$ -caroteno) (BARBOSA; OLIVEIRA; SEARA, 2008; FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006).

### **3.3 Diabetes mellitus tipo 1 e estresse oxidativo**

Complicações que ocorrem em decorrência do diabetes têm relação direta com a hiperglicemia crônica (HARCOURT; PENFOLD; FORBES, 2013; REIS et al., 2008a). O estado de hiperglicemia crônica leva ao estresse oxidativo por diversos caminhos de reações bioquímicas (CASTRO-CORREIA et al., 2017; DUDA-SOBCZAK et al., 2018; FERNANDES et al., 2016; REIS et al., 2008a, 2012; SHAH; BROWNLEE, 2016; SIES; BERNDT; JONES, 2017). Atalay e Laaksonen (2002) citam que estresse oxidativo com marcadores de peroxidação lipídica e oxidação protéica são encontrados em taxas maiores em diabéticos.

Galassetti e Riddell (2013) apontam para a hiperglicemia como mecanismo pelo qual ocorrem as lesões vasculares, e essas desencadeiam as complicações microvasculares e macrovasculares, estando as complicações microvasculares ligadas ao sistema nervoso, aos rins,

aos olhos, e as complicações macrovasculares associadas a grandes vasos, levando a acidentes vasculares, infartos do miocárdio e morte prematura, conforme indicam Harcourt et al (2013) e DiMeglio et al (2018). Nefropatia, retinopatia e neuropatia são complicações microvasculares específicas do diabetes, e doença coronariana, doença vascular cerebral e doença vascular periférica são complicações não específicas da doença, mas que têm maior risco de ocorrerem em diabéticos (KATSAROU et al., 2017).

Aponta-se que a hiperglicemia crônica está associada ao estresse oxidativo, e que esse, por sua vez, tem papel importante na ocorrência de complicações decorrentes da diabetes (REIS et al., 2008). Harcourt et al. (2013) afirmam que produtos do estresse oxidativo têm ligação com complicações mesmo que exista um controle glicêmico. Quando há hiperglicemia existe uma produção exacerbada de superóxido pela cadeia de transporte de elétrons mitocondrial, gerando estresse oxidativo (KATSAROU et al., 2017). Em um estudo longitudinal de Liu et al. (2018) foram encontrados padrões de expressão de proteínas relacionadas ao estresse oxidativo mesmo antes de surgirem características de autoimunidade nas células das ilhotas de diabéticos. Rosa et al. (2011) ainda afirmam que existem componentes diversos decorrentes do estresse oxidativo, e que esses, que têm conexões complexas, promovem diferentes alterações conforme a condição metabólica.

Os radicais livres são átomos ou moléculas com alto grau de reatividade e número ímpar de elétrons na sua última camada eletrônica, resultantes de reações de oxido-redução, derivados do metabolismo de oxigênio (Ferreira; Matsubara, 1997). Segundo Barreiros, David, e David (2006), existem as chamadas espécies reativas de oxigênio (ROS), entre eles a hidroxila, o superóxido, a peroxila e a alcoxila dentro do grupo dos radicalares; e entre os não radicalares: oxigênio, peróxido de hidrogênio e ácido hipocloroso. Existem também radicais livres derivados do nitrogênio, chamados espécies reativas ao nitrogênio (RNS), que incluem óxido nítrico, óxido nitroso, ácido nitroso, os nitritos, nitratos e peroxinitritos, e ainda espécies reativas ao enxofre (BARREIROS; DAVID; DAVID, 2006; FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006).

A produção dos radicais livres se dá no metabolismo normal do organismo. O estresse oxidativo surge quando há um desequilíbrio entre a produção dos radicais livres e a atividade antioxidante do organismo (CASTRO-CORREIA et al., 2017; SIES; BERNDT; JONES, 2017). Os antioxidantes são substâncias capazes de tornar menor o efeito deletério dos radicais livres, funcionando como um sistema de defesa (FERREIRA, A.L.A.; MATSUBARA, 1997; FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006; REIS et al., 2008), compostos por enzimas e proteínas específicas, podendo ser medidas suas quantidades no sangue para utilização como marcadores de estresse oxidativo (CASTRO-CORREIA et al., 2017; SIES; BERNDT; JONES, 2017). Pessoas com DM1 apresentam níveis menores de antioxidantes e níveis iguais ou maiores de pro-oxidantes, se comparadas a pessoas não diabéticas (FARINHA et al., 2018).

O estresse oxidativo pode ser gerado também pelas modificações em proteínas que ocorrem após serem glicosados, gerando os produtos finais da glicação avançada (AGEs)



(BARBOSA; OLIVEIRA; SEARA, 2008; DUDA-SOBCZAK et al., 2018; HARCOURT; PENFOLD; FORBES, 2013; REIS et al., 2008b), estando, segundo Harcourt, Penfold e Forbes (2013), Reis et al. (2012), Rodrigues et al. (2018) e Shah e Brownlee (2016), diretamente ligadas às complicações decorrentes da diabetes mellitus pela condição de hiperglicemia, com as altas taxas de forma crônica de glicose existentes em diabéticos. Os AGEs têm capacidade de alterar estruturas de proteínas e receptores, gerando estresse oxidativo e expressão aumentada de mediadores inflamatórios, conforme apontam Reis et al. (2012).

### **3.4 Diabetes mellitus tipo 1 e exercício físico**

Pessoas com DM1 podem ter uma vida saudável, com combinação de insulina diária, dieta saudável e de exercícios físicos regulares, objetivando trazer as condições do indivíduo diabético mais próximas de um estado fisiológico normal, prevenindo ou retardando as complicações crônicas causadas pela diabetes, conforme cita o IDF (2017). Essa combinação também é citada por Lukács (2015), que afirma que para o tratamento da DM1 o ideal é uma combinação de exercício físico, dieta adequada e insulino terapia. A ideia do exercício físico como terapêutica para esse grupo é antiga, com escritos desde o ano 600 d.C. Para tanto, busca-se uma educação do paciente diabético no sentido do autocuidado, pois estratégias para o controle da doença vêm do somatório de vários fatores buscando sempre uma melhoria na qualidade de vida (BRASIL, 2013).

Durante o exercício físico, há um aumento da captação da glicose por vias independentes das mediadas pela insulina (BRASIL, 2013). Em estudo do Chimen et al. (2012) e de Look AHEAD Research Group (2010), são citados como benefícios do exercício físico a redução da massa corporal, a melhora do condicionamento, o controle glicêmico e a redução de fatores de risco para doenças cardiovasculares. Petersen e Pedersen (2005) afirmam que, quando realizado de forma regular, o exercício físico pode exercer função de proteção contra doenças associadas a inflamações crônicas, por suas respostas anti-inflamatórias.

O exercício físico traz muitos benefícios aos portadores de DM1, entre eles a melhora da composição corporal, da capacidade cardiorrespiratória e da função endotelial, a redução de stress e de depressão, a melhora de qualidade de vida e ainda a redução da dose de insulina necessária (REDDY et al., 2018; YARDLEY; SIGAL, 2015).

A prática regular do exercício físico, conforme estudo de Todo-Bom e Pinto (2007), induz a recuperação do estado basal pré-treino, e uma proteção acrescida a fatores ambientais microbianos. Além disso, conforme citam De Angelis et al. (2006), é uma forma não farmacológica de intervenção, com melhora também dos aspectos psicossociais da doença.

Vale ressaltar que são necessários tomar alguns cuidados durante a realização de exercícios físicos em diabéticos, já que esses pacientes estão propensos a apresentar, durante o exercício, quadros de hipoglicemia e outras complicações agudas (AMERICAN

ASSOCIATION OF DIABETES EDUCATORS, 2012). Devem ser acompanhados por profissionais competentes, e orientados para terapêutica necessária. Para Pivovarov, Taplin e Riddell (2015) e Yardley e Sigal (2015), um dos maiores fatores limitantes a prática de exercício físico é o receio da hipoglicemia pós-exercício.

O exercício físico regular em pacientes com diabetes pode exigir ajuste da dosagem de insulina, por interferir na hemoglobina glicada e níveis glicêmicos. Considera-se também a maior sensibilidade muscular à insulina pós-exercício, e a importância da prática de exercício em horário que não seja pico de ação da insulina. Nesses pacientes, torna-se imprescindível a avaliação das condições, complicações e controle metabólico, bem como seu potencial para o autocuidado (BRASIL, 2013).

Aos diabéticos, é recomendada a prática de exercício por três ou mais dias da semana, em um total semanal de 150 minutos (AMERICAN ASSOCIATION OF DIABETES EDUCATORS, 2012). As respostas do exercício físico no organismo se dão de diversas maneiras, algumas agudas e outras crônicas. De acordo com Golbidi, Badran Laher (2012), evidências sugerem que a expressão de sistemas antioxidantes celulares é ativada pelo exercício físico. Ademais, conforme argumentam os pesquisadores, o exercício tem um período subsequente imediato de curta duração de resposta pró-inflamatória, que é seguido por um efeito de anti-inflamatório de longa duração.

A ação do exercício físico na modulação das respostas da função imune tem importância para a atividade antioxidante do sistema de defesa dos diabéticos (PIVOVAROV; TAPLIN; RIDDELL, 2015), apontando para efeito preventivo do exercício físico (AZIZBEIGI et al., 2015). Yardley e Sigal (2015) apontam a relação entre a maior taxa de exercício físico em diabéticos tipo 1 com menos incidência, prevalência e gravidade de complicações da doença.

### **3.5 Diabetes mellitus tipo 1 e exercício resistido**

Os exercícios físicos resistidos têm gasto energético predominantemente anaeróbio, envolvendo ações concêntricas e excêntricas de contração muscular com efeito significativo no perfil glicêmico (TURNER et al., 2014), e são exercícios físicos que exigem que a musculatura trabalhe contra uma carga ou força (CHODZKO-ZAJKO et al., 2009). Ao praticá-los, a glicose apresenta um declínio mais suave quando comparado ao exercício aeróbio (YARDLEY et al., 2015), e melhora do equilíbrio glicêmico pós-exercício resistido relacionado ao volume de exercício praticado (TURNER et al., 2014).

Melhoras na execução de atividades da vida diária, no controle glicêmico e na força muscular em diabéticos praticantes de exercício resistido são descritas, sendo que essa última tende a estar reduzida em pacientes diabéticos (COLBERG et al., 2016; MOLANOURI SHAMSI et al., 2014). Essa prática possibilita a melhora da força e da massa muscular (BRAITH; STEWART, 2006), além de postergar possíveis complicações cardiovasculares

(PIŁACIŃSKI; ZOZULIŃSKA-ZIÓŁKIEWICZ, 2014; QUIRK et al., 2014).

Molanouri Shamsi et al. (2014) citam que há, por conta da exposição constante a ambiente inflamatório, uma atrofia muscular associada à proteólise, o que torna o exercício resistido uma alternativa terapêutica a essa condição. Em estudo com modelos animais, o treinamento resistido mostrou exercer efeitos positivos sobre a condição inflamatória do organismo de ratos diabéticos, com base em análise de mediadores inflamatórios. O exercício resistido tem ação no aumento de massa muscular, aumento da sensibilidade à insulina e redução da glicemia (MOTA et al., 2014).

Os efeitos do exercício físico sobre a redução da glicemia de diabéticos também são conhecidos (GARCÍA-GARCÍA et al., 2015), mas estudos com exercício resistido ainda são escassos. Por sua natureza anaeróbia, utiliza-se de forma característica de produção de energia. Isso pode explicar a queda menos acentuada da glicose durante o exercício resistido quando comparado ao exercício aeróbio, e os níveis glicêmicos mais estáveis no pós-exercício resistido, conforme trabalho de Yardley et al. (2013). Ademais, ao se considerar a estabilidade da glicose, um cuidado necessário para o controle das comorbidades da DM1, o trabalho apresenta o exercício resistido como alternativa por estar associado a menores flutuações de concentração de glicemia.

Benefícios do exercício resistido incluem ganho de massa magra, redução de gordura corporal, ganho de força, redução da necessidade de insulina exógena, melhora cardiovascular (TURNER et al., 2015b). A relação dose-dependente inversamente proporcional da glicemia com o exercício físico demonstrada nesse trabalho fundamenta o uso do exercício resistido como terapia na manutenção do controle glicêmico de diabéticos tipo 1.

Mota et al. (2014), em seu trabalho com ratos diabéticos, demonstram a ação do exercício resistido na redução da glicemia, na restauração da funcionalidade endotelial e ainda na redução da pressão arterial, com respostas metabólicas semelhantes às do exercício aeróbio, considerando, portanto o exercício resistido como alternativa terapêutica em diabéticos tipo 1. Respostas do exercício resistido na melhora do perfil lipídico e no controle glicêmico o tornam altamente indicado para controle de complicações micro e macrovasculares decorrentes da DM1 (GACITUA et al., 2018).

Ao comparar o treinamento resistido e o exercício aeróbio, Reddy et al. (2018) apontam para a redução da necessidade do uso de insulina em ambas as formas de exercício, mas significativamente menor no treinamento resistido. A redução da glicose também foi menor no treinamento resistido.

Apesar do mecanismo pelo qual o treinamento resistido tem um efeito mais ameno sobre a redução da glicose quando comparado ao fato de exercício aeróbio não estar bem elucidado, Yardley e Sigal (2015) indicam para as respostas hormonais como maiores responsáveis, com maior liberação de hormônio de crescimento no exercício resistido, possível liberação de epinefrina, e ação do lactato na estabilização da glicose sanguínea. Turner et al. (2014)

encontraram em seu trabalho com exercício resistido uma resposta dose-dependente de aumento de concentrações de mediadores inflamatórios, e uma resposta inversamente proporcional a essas concentrações da hiperglicemia pós exercício.

Em trabalho de Turner et al. (2015a) com exercício resistido em alta e baixa intensidade, constataram que a intensidade do exercício físico não tem relação significativa com hiperglicemia pós-exercício, e que exercícios físicos de duração mais longa com baixa intensidade teriam efeito maior em respostas humorais contra regulatórias. Quanto à intensidade do exercício resistido, Turner et al. (2015a) apresentam em sua pesquisa indícios de que a hiperglicemia pós-exercício não sofre influência da intensidade do exercício, podendo acontecer desde baixas a altas intensidades. Pivovarov, Taplin e Riddell (2015) afirmam que o exercício resistido apresenta risco de hipoglicemia menor do que atividades aeróbias. Mesmo que ainda não se confirme o mecanismo pelo qual isso acontece. Yardley et al. (2013) apontam para as fontes de energia utilizadas nessa forma de exercício, que diferem da energia utilizada no exercício aeróbio, com menor dependência da glicose.

### **3.6 Exercício físico e estresse oxidativo**

A musculatura esquelética tem respostas fisiológicas ao estímulo do exercício físico. Uma das respostas é o aumento da produção de reativos de oxigênio (ROS), levando ao desequilíbrio da homeostase e consequente estresse oxidativo. Apesar dos danos que esses radicais livres podem causar a lipídios, proteínas e DNA, eles exercem papel importante na adaptação do organismo ao exercício (ÇAKIR-ATABEK et al., 2010; PARK; KWAK, 2016; STEINBACHER; ECKL, 2015).

Durante a prática de exercício resistido, há aumento da perfusão sanguínea na musculatura. Mas há também momentos de hipóxia, seguidos de reperfusão sanguínea quando o treinamento tem intensidade moderada a alta. Em exercícios moderados, há aumento de consumo de oxigênio em até dez vezes, e fluxo de oxigênio na musculatura aumenta em até 100 vezes (ATALAY; LAAKSONEN, 2002). O metabolismo é aumentado, elevando também o consumo de oxigênio muscular e, conseqüentemente, a produção de ROS pelas mitocôndrias. Essa é a principal fonte geradora de ROS, mas não a única. Enzimas, como xantina oxidase, proteínas, como NADPH oxidase 2, e ainda o processo inflamatório pós-exercício também produzem ROS durante exercício (GACITUA et al., 2018).

A geração dos radicais livres, com consequente estresse oxidativo, pode ocorrer por diferentes meios, e a musculatura esquelética tem muitas fontes de geração de ROS (SCHEFFER et al., 2012). Finaud, Lac e Filaire (2006) citam a produção de xantina oxidase, a isquemia-reperfusão, a queima respiratória, o aumento das concentrações de ácido lático e a inflamação pós-exercício como mediadores do aumento dos FR associados a exercícios resistidos. A ação dos ROS afetam expressão genética, diferenciação celular e processos inflamatórios (AZIZBEIGI et

al., 2015). O aumento de ROS está associado ao aumento de mediadores do processo inflamatório, tais como interleucina 6 (IL-6) e fator de necrose tumoral  $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ).

Scheffer et al. (2012) argumentam que o exercício estimula também a produção de antioxidantes e de modificações nas mitocôndrias, sendo que os resultados do estudo demonstraram um aumento de radicais livres acompanhado por aumento significativo de antioxidante em grupo com treino resistido de alta intensidade. Azizbeigi et al. (2015) afirmam que exercício realizado de forma regular aumenta a produção de antioxidantes e tem ação anti-inflamatória.

Estudo de Çakir-Atabek et al. (2010) demonstrou que a prática de exercício resistido por 6 semanas tem efeito protetor contra oxidação de lipídios, realizados em intensidades altas (70 a 85% de 1RM), aumentando a produção de enzimas antioxidantes. Em trabalho de Hudson et al. (2008), utilizando intensidades moderadas e altas (de 75% a 90% de 1RM), foi denotada a presença de estresse oxidativo de forma similar. Çakir-Atabek, Özdemir e Çolak (2015) pontuam em seu trabalho que o exercício resistido em intensidade de 50% de 1RM apresenta marcadores de peroxidação lipídica, e que intensidades maiores de 80% de 1RM apresentavam oxidação de proteínas. Scheffer et al. (2012), em seu trabalho com animais, obtiveram dados que comprovam que a resposta do estresse oxidativo depende de dose, de intensidade e de frequência, confirmando que altas cargas associadas a baixo número de repetições provocam maior dano oxidativo do que cargas baixas e maior número de repetições.

A produção de ROS durante o exercício resistido não age de forma patológica, já que esses radicais livres respondem como mensageiros no músculo esquelético, segundo Gacitua et al. (2018), associados à resposta genética relacionada a proteínas antioxidantes. Dessa forma, a prática regular do exercício resistido seria uma forma de melhorar a capacidade antioxidante do organismo. Pessoas fisicamente ativas apresentaram, em trabalho de Park e Kwak (2016), um melhor equilíbrio entre estresse oxidativo e sistema antioxidante quando comparadas com pessoas que não praticavam exercícios. As substâncias que são liberadas durante o exercício e a dor em consequência dele são utilizadas como marcadores do dano muscular, e buscam-se estratégias para reverter os efeitos deletérios desse processo e acelerar o processo de recuperação muscular (HAUSSWIRTH et al., 2011).

### **3.7 Recuperação pós exercício**

A resposta de fase aguda ao exercício físico envolve células e citocinas, sistema de complemento e proteínas de fase aguda, com função teórica de eliminar o tecido lesado (TODO-BOM; PINTO, 2007). Smith (2000) descreve que as citocinas liberadas ativam os monócitos circulantes, que produzem grande quantidade de interleucinas pró-inflamatórias interleucina 1 beta (IL-1 $\beta$ ), IL-6 e TNF $\alpha$ , produzindo inflamação sistêmica. A alteração no equilíbrio gerada durante essa resposta de fase aguda influencia grande parte dos efeitos do exercício físico para a

saúde, considerando que por ação do exercício, segundo Zaldivar et al. (2006), há um aumento de células pró e anti-inflamatórias, bem como de fatores de crescimento, contribuindo para a resposta do organismo no pós exercício.

Para Zaldivar et al. (2006), exercício físico, saúde e inflamação encontram-se em uma complexa associação. Hamer e Steptoe (2012) afirmam que o exercício físico estimula a musculatura a produzir e secretar as citocinas; porém, quando a atividade física é regular, é associada à redução de marcadores inflamatórios sistêmicos. Petersen e Pedersen (2005) apontam para o aumento da secreção de IL-6 gerado pela prática de exercício físico como mediador do efeito anti-inflamatório da prática, considerando que a liberação de IL-6 provocaria a liberação de citocinas anti-inflamatórias e também a inibição de citocinas pró-inflamatórias.

Em resposta a uma elevada carga de treino acompanhada por períodos apropriados de recuperação, há uma supercompensação metabólica ao treinamento; quando não há uma recuperação adequada, pode-se entrar em estado de síndrome de overtraining (SMITH, 2000). Torres et al. (2011) afirmam que, em resposta ao exercício físico resistido que envolva ação muscular excêntrica, há um dano muscular temporário.

Uma recuperação ideal tem como resultado a restituição dos estados orgânicos e fisiológicos do organismo (CALLEJA-GONZÁLEZ et al., 2016). A recuperação inadequada pode levar a limitações de desempenho e lesões (PASTRE et al., 2009), por conta de danos estruturais e fisiológicos à musculatura (HAUSSWIRTH et al., 2011). Em indivíduos com DM1, o estado pró-inflamatório constante pode complicar o retorno ao estado basal pós-exercício físico, podendo comprometer os efeitos benéficos deste (GALASSETTI; RIDDELL, 2013).

Para que o tempo de recuperação muscular seja acelerado, várias técnicas são utilizadas, entre eles métodos com abordagem nutricional, com ingestão de carboidratos e proteínas, vitaminas, creatina,  $\beta$ -alanina, técnicas de recuperação ativa e alongamento, imersão em água fria, uso de roupas compressivas, massagens, sono e descanso, acupuntura e outros (BARNETT, 2006; CALLEJA-GONZÁLEZ et al., 2016; NÉDÉLEC et al., 2013), e, ainda, visando a diminuir o processo inflamatório pós-exercício, tem-se a terapia de radiação infravermelha (FIR) (LOTURCO et al., 2016).

### **3.8 Material biocerâmico emissor de infravermelho**

A radiação infravermelha é subdividida em três categorias, conforme o seu comprimento de onda: curta (0.8-1.5  $\mu\text{m}$ ), média (1.5-5.6  $\mu\text{m}$ ), e longa (5.6-1000  $\mu\text{m}$ ) (LEE et al., 2011). A FIR tem um comprimento de onda entre 750 nm e 100 $\mu\text{m}$ , com frequência entre 400 THz a 3 THz e energia de fóton entre 12,4 meV e 1,7 eV. Leung et al. (2009) afirmam que o comprimento de RIV ideal para efeitos biológicos é de 8–14  $\mu\text{m}$ . Na intenção de reduzir o processo inflamatório, a radiação infravermelha longa (FIR) vem sendo apresentada como proposta de tratamento (LEUNG et al., 2009; YU et al., 2006). É uma forma de energia eletromagnética que vem sendo

usada efetivamente para tratar doenças e desconfortos (VATANSEVER; HAMBLIN, 2012). Segundo a Comissão Internacional de Iluminação, a FIR está na região no espectro de radiação eletromagnética infravermelho de 3 a 100  $\mu\text{m}$  (NUNES et al., 2018).

A ação da FIR ocorre por mudanças súbitas no estado corporal, promovendo melhora ou normalização do organismo. Isso ocorre principalmente por mudança na estrutura molecular da água, que é ativada pela FIR (INOUE; KABAYA, 1989). Essa alteração nas moléculas de água pode gerar modulações na dinâmica dos fluidos corporais e fatores humorais do organismo. Perturbações, mesmo que mínimas, podem ter efeitos grandiosos nos canais de íons presentes na estrutura da membrana celular. Esses canais, conforme Vatansever e Hamblin (2012), são mais comuns nas membranas das mitocôndrias, sendo essa uma das teorias para a ação da FIR, já que as microvibrações produzidas por ela podem modificar a estrutura da membrana (SILVA et al., 2009). Dados sugerem que a FIR romperia as ligações de hidrogênio nos “clusters” de água, reduzindo o tamanho dos “clusters” (LEUNG et al., 2014b). Os canais abertos por efeito da FIR teriam como efeito o aumento da respiração mitocondrial (VATANSEVER; HAMBLIN, 2012).

Os efeitos da FIR também estão relacionados ao aumento de fluxo sanguíneo, assim como a sua ação em moléculas de água ao penetrar no tecido (HAUSSWIRTH et al., 2011; INOUE; KABAYA, 1989; LEUNG, 2015; VATANSEVER; HAMBLIN, 2012). A vasodilatação consequente a exposição à FIR pode ser explicada pela indução a liberação de óxido nítrico (NO) pelas mitocôndrias, hemoglobina e mioglobina (MCCALL et al., 2018). Silva et al. (2009) expuseram em sua pesquisa a ação da FIR no aumento da taxa metabólica, em aproximadamente 13%, para cada 1°C de aumento na temperatura tecidual, com consequente aumento da demanda tecidual de oxigênio e nutrientes e limpeza de catabólitos.

O seu uso é sugerido, em estudo de Yu et al. (2006) e em trabalho de Vatansever e Hamblin (2012), em prevenção de processos inflamatórios. Para a emissão de FIR, pode-se usar como dispositivos saunas individuais ou coletivas, lâmpadas emissoras, e ainda tecidos emissores de FIR (VATANSEVER; HAMBLIN, 2012). O estudo de Shim, Park e Shim (2009) indica que compostos cerâmicos, como zircônio, óxido de magnésio e óxido de ferro, entre outros, têm sido incorporados a estruturas têxteis para utilizar o efeito de irradiação infravermelha da cerâmica. A composição da biocerâmica utilizada para o tecido ditará a quantidade de FIR que o tecido será capaz de emanar (VATANSEVER; HAMBLIN, 2012).

Quando aplicada em tecidos, facilita-se o uso da FIR, sendo possível usar de forma domiciliar, no trabalho, durante o sono ou ainda durante a prática de exercícios físicos. Os tecidos com biocerâmica têm como principal fonte de energia a FIR que emana do corpo humano. Essa energia, absorvida pela biocerâmica, é refletida, e tem como principal ação o aumento sugestivo da microcirculação e temperatura local, penetrando até quatro cm (CIAN et al., 2015; MCCALL et al., 2018).

As ações da FIR se estendem em vários campos da saúde. Uma série de estudos *in vitro* tem sido feita buscando-se respostas acerca dos efeitos biológicos e do mecanismo de ação da

FIR. O estudo de Leung et al. (2009) demonstra os efeitos modulatórios da FIR no sistema imune de defesa inato. Resultados *in vitro* de Leung et al. (2011) mostram que a FIR pode ter ação antiapoptótica por redução de reativos de oxigênio, podendo ser aplicada por seus efeitos antioxidantes, anti-idade e melhorador de imunidade, e o grupo apresenta outro trabalho com resultados na prevenção de processos inflamatórios com indução da produção de óxido nítrico intracelular (LEUNG et al., 2012a).

Em outro estudo *in vitro* de Leung et al. (2013a), a biocerâmica demonstrou ter efeitos sobre a coenzima ciclo-oxigenase 2 (COX-2), prostaglandina E2 (PGE 2) e prováveis efeitos sobre síntese do óxido nítrico, mostrando-se como método alternativo para cuidado paliativo da dor. Outro estudo, também do grupo de Leung et al. (2014), sugere que a FIR oferece um mecanismo protetor a radiação infra vermelha às células, e ainda promove recuperação celular pela limpeza de peróxido de hidrogênio e inibição da COX-2. Park et al. (2013) apontam para o aumento da produção de NO por aumento na fosforilação de enzimas que catalisam o NO, e da proteína quinase dependente de cálcio e calmodulina.

Estudos em modelo animal também apresentam resultados biológicos ao uso da FIR, como no trabalho de Schramm et al. (2003), que demonstra resultados na melhora da cicatrização de feridas, e ainda normalizando os efeitos do estresse psicológico e oxidativo no sistema cardiovascular, como expõe o estudo de Leung et al. (2012b). Yu et al. (2006) relatam efeito da FIR sobre óxido nítrico, aumentando a microcirculação em ratos. Um trabalho mais recente de Rosas et al. (2018), realizado em modelo animal, demonstra-se a ação da biocerâmica como indutora de processos anti-inflamatórios e anti-hiperalgésico, indicando seu uso principalmente para o tratamento de dor de origem inflamatória.

Os resultados do estudo de Lee et al. (2011), por sua vez, sugerem efeito positivo de FIR o tratamento de dismenorreia, assim como o trabalho de Ke et al. (2012), que também apresentam a FIR como alternativa terapêutica ao tratamento da dismenorreia, aumentando a temperatura corporal e a circulação sanguínea na região abdominal, reduzindo-se a tensão muscular e conseqüente a dor. O efeito se estende também à redução de dor em doenças crônicas dos pés (YORK; GORDON, 2009) e à redução de medidas corporais (CONRADO; MUNIN, 2011). O estudo de Silva et al. (2009), usando tecidos e colchão impregnados de biocerâmica, trazem como resultados a melhora na qualidade do sono e na dor relatada pelo grupo pesquisado.

O trabalho de Leung et al. (2013b) aponta para a ação da biocerâmica na variabilidade da frequência cardíaca e para a redução do consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>), chamando a atenção para a provável ação da biocerâmica na resposta parassimpática. Outro trabalho indica o efeito antioxidante com ação na limpeza do superóxido do sangue dos indivíduos participantes do estudo (LIN; LEE; LUNG, 2013).

Cian et al. (2015) encontraram resultados na melhora de controle e estabilidade postural com uso de vestimenta com tecidos impregnados de biocerâmica durante a execução de posturas. Loturco et al. (2016) apresentam resultados na redução de dor muscular tardia em atletas



de futebol com uso de vestimentas com emissão de radiação infravermelha, fazendo uso das vestimentas 6 horas após a execução de uma série de exercícios durante o período do sono. Nunes et al. (2018) demonstram resultados da ação da vestimenta de biocerâmica em atletas objetivando a recuperação pós-período de treino durante duas semanas, utilizando a vestimenta durante o período de sono, e sugerem a indicação do seu uso para facilitar a recuperação neuromuscular, bioquímica e de marcadores relacionados a percepção dos atletas.

A ação da biocerâmica sobre processos relacionados ao estresse oxidativo e à inflamação crônica justificam seu uso em caso de tratamento de doenças crônicas, como na DM1, em que os portadores apresentam um estado contínuo pró-inflamatório.

## 4 Materiais e métodos

### 4.1 Desenho experimental

Este estudo caracterizou-se como ensaio clínico randomizado de grupos paralelos, triplo cego, no qual o avaliador, o sujeito, e o aplicador da intervenção não tiveram conhecimento do grupo ao qual pertencia o participante, sendo Grupo Controle (GC) ou Grupo Biocerâmica (GB). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, CAAE 62502016.6.0000.0107, por meio do parecer 2.252.871. Foram realizadas quatro semanas de treinamento físico resistido, seguindo o protocolo de treinamento utilizado por Turner et al, (2015). O treinamento iniciou após um encontro prévio, na Academia AquaFit, momento no qual houve familiarização dos sujeitos com o treinamento, realização do teste 1RM para determinação da carga de treinamento, registro da variabilidade de frequência cardíaca (VFC) em repouso, testes de desempenho muscular e avaliação antropométrica e coleta sanguínea.

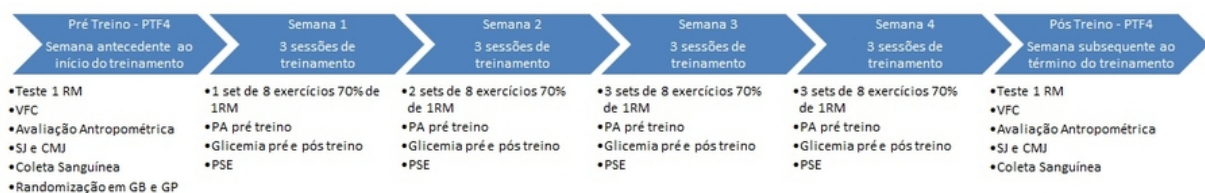
Após assinarem o termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), foram alocados de forma randomizada em taxa 1:1 no GC, que recebeu camiseta placebo, ou GB, que recebeu intervenção com camiseta impregnada com material biocerâmico. Ambos os grupos (GB e GC) realizaram o mesmo protocolo de exercícios, durante o mesmo período de tempo. Foram feitos os mesmos testes nos dois grupos, nas mesmas datas, e receberam indicação de usar camiseta placebo (GC) ou a camiseta com o material de biocerâmica (GB) durante as 4 semanas pelo período de sono noturno, todas as noites.

A VFC e os testes de desempenho foram reavaliados após as quatro semanas de treinamento, na semana subsequente, assim como o teste de uma repetição máxima (1RM) e coleta sanguínea para análise de estresse oxidativo.

Todos os participantes receberam orientação de monitorar a glicemia até 48 horas após cada sessão, fazendo uso de glicosímetro portátil pessoal. Solicitou-se que não houvesse alteração na rotina diária, e que seguissem acompanhamento médico durante todo o período de treinamento físico.

Na figura 1 apresenta-se o desenho experimental do estudo.

**Figura 1 – Figura 1. Desenho experimental do estudo.**



## 4.2 Sujeitos

Em ação combinada com a Secretaria de Saúde do município de Toledo - PR, foram convidados todos os portadores de DM1 do sexo masculino com idade entre 18 e 40 anos em tratamento contínuo de diabetes pelo SUS que fossem fisicamente ativos a participarem do projeto. Critérios de exclusão foram complicações graves da doença, ausência de monitoramento constante da glicemia, problemas osteoarticulares ou contraindicação médica para prática de exercício físico.

A população foi de 57 diabéticos, entre os quais 28 aceitaram participar do projeto ao primeiro contato. Participaram da primeira avaliação 16 sujeitos, dentre os quais 13 iniciaram o treinamento físico proposto. Ao final das quatro semanas, seis participantes finalizaram o programa e foram reavaliados.

Após o convite, foi realizado um encontro na semana que antecedeu o protocolo de treinamento para que os participantes tivessem suas dúvidas elucidadas, assinassem o TCLE, e para que fossem feitas as primeiras avaliações. O estudo foi realizado durante os meses de março e abril de 2018.

## 4.3 Antropometria

A avaliação antropométrica foi realizada na semana antecedente ao início e na semana subsequente ao final das quatro semanas de treinamento físico. Para a avaliação, foi utilizada uma balança digital da marca Toledo (modelo 2096 PP, São Paulo, Brasil) com precisão de 0,1 kg. A avaliação da estatura efetuada com estadiômetro da marca Sanny (modelo Standart, São Berando do Campo, Brasil), posicionado fixo em uma parede, com escalas de 0,1 cm. Com a coleta desses dados, foi feito o cálculo do Índice de Massa Corporal (IMC), utilizando a fórmula da massa corporal sobre a estatura em metros ao quadrado de cada participante (GORDON et al., 1988).

## 4.4 Variabilidade de frequência cardíaca

A Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) foi avaliada após os indivíduos permanecerem em repouso, sentados, durante 10 minutos. Freqüencímetro da marca Polar modelo RS800 CX, com configuração para sinal captado a cada batimento (intervalo r-r), e frequência de amostragem de 500 Hz, resolução temporal de 1ms (RUHA et al., 1997) foram utilizados para o teste. O freqüencímetro foi posicionado no tórax do paciente e o transmissor conectado para que seja feita a verificação dos dados no relógio do aparelho.

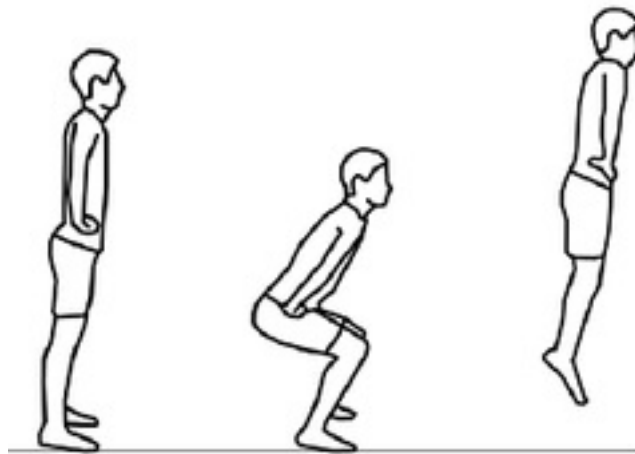
Foram realizadas duas coletas em cada participante, no início e ao final do protocolo de treinamento resistido. Os dados coletados foram transferidos para o computador para a análise com o programa Kubios (TARVAINEN et al., 2014).

#### 4.5 Desempenho Muscular

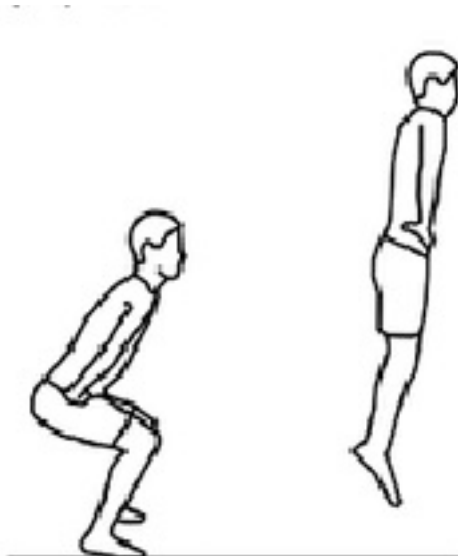
Para avaliação do desempenho muscular, foram realizados testes de salto *counter movement jump test* (CMJ) e *squat jump* (SJ), baseado no trabalho de Bosco (1994), com tapete de salto (Hidrofit, Brasil) e computador com software específico Jump Test (Hidrofit, Brasil).

No CMJ, os participantes foram solicitados a permanecerem em posição ortostática com os pés sobre o tapete, com as mãos sobre o quadril e joelho em flexão autosselecionada. A fase concêntrica do movimento dever ser realizada com maior potência possível. O salto CMJ é apresentado na figura 2.

Figura 2 – Figura 2. Salto counter movement jump (CMJ)



O SJ parte de posição inicial agachada por pelo menos três segundos, com as mãos sobre o quadril e joelhos fletidos a aproximadamente 90°, seguindo proposta do trabalho de Bosco (1994). Cada um dos participantes executou duas repetições de cada salto, e o maior valor encontrado foi utilizado como resultado. Esses testes foram realizados em encontro prévio ao início do treinamento e outro ao final das quatro semanas. O salto SJ é apresentado na figura 3.

**Figura 3 – Figura 3. Salto squat jump (SJ)**

#### **4.6 Determinação da carga dos exercícios físicos - teste de 1RM**

Os exercícios resistidos do protocolo de treinamento físico foram ajustados para cada indivíduo participante, com base no teste de 1RM seguindo protocolo de Brown e Weir (2001), com supervisão e acompanhamento de profissional Educação Física, sendo o teste realizado na semana que antecedeu o início do treinamento.

Os exercícios de supino reto e de agachamento foram utilizados para o teste de 1RM, conforme recomendação de Brown e Weir (2001), iniciando pelo aquecimento com os exercícios de supino reto e agachamento por três minutos. Na sequência, cada indivíduo realizou aquecimento próprio, ainda com esses mesmos exercícios, com oito repetições que trabalharam especificamente o grupamento muscular a ser avaliado a 50% da carga máxima estimada. Posteriormente, realizaram três repetições a 70% da carga máxima estimada. Após intervalo de cinco minutos, realizou-se o teste de 1RM com correção de carga de 0,5 a 5 kg em três a cinco tentativas; a partir disso determinou-se a carga de 1RM.

#### **4.7 Treinamento físico resistido**

O protocolo de treinamento físico de quatro semanas (PTF4) teve como base o estudo recente de Turner et al. (2015), e foi realizado em academias privadas de Toledo – PR, sempre com supervisão e acompanhamento de profissional de Educação Física experiente em exercícios resistidos, e assistido por pesquisadores envolvidos no estudo. Ambos os grupos realizaram o mesmo protocolo de exercícios, durante o mesmo período de tempo. Durante as quatro semanas, cada um dos participantes foi orientado a comparecer três vezes por semana em horário regular para a realização dos exercícios. Orientou-se a realizar monitorização constante da glicemia por

meio de uso de glicosímetro portátil pessoal, pré e pós-exercício, e manterem acompanhamento médico por profissional do SUS.

Na semana que antecedeu o início do treino, foi realizado um encontro para determinar a carga de cada exercício para cada participante e a familiarização com os exercícios. Em cada um dos 12 dias de treinamento, foi realizada a mesma série de exercícios, sendo a força incrementada conforme a progressão de cada participante (YARDLEY et al., 2015). Cada sessão iniciou com aquecimento de cinco a dez minutos de caminhada leve na esteira.

A sessão de treinamento resistido, conforme sugere o estudo Turner et al. (2015), esteve composta por oito exercícios que trabalham os grupos musculares primários: supino (peitoral maior), extensão de perna (quadríceps) press militar com halteres (deltóide), voador frontal (peitoral maior), agachamento (quadríceps, bíceps femoral, glúteo máximo), puxada na polia alta (grande dorsal), remada sentado (grande dorsal, rombóides, trapézio), agachamento afundo (quadríceps, bíceps femoral, glúteo máximo).

Na primeira semana, realizaram um set de oito repetições de cada exercício, entre 60% e 70% da sua carga máxima estimada pelo teste de 1RM. Na segunda semana, foram dois sets de oito repetições; a partir da terceira semana até o fim do treinamento foram três sets de oito repetições, mantendo 60% a 70% da carga máxima. Após completarem a série de treinamento físico, os indivíduos tiveram mais cinco minutos de caminhada em baixa intensidade a fim de normalizar a frequência respiratória e cardíaca (YARDLEY et al., 2015).

#### **4.8 Utilização da camiseta com biocerâmica**

Os participantes do estudo foram divididos de forma aleatória em dois grupos, e, conforme o grupo onde foram locados, fizeram uso da camiseta com material placebo (GC) ou com biocerâmica (GB). O participante não soube, durante o período das quatro semanas, a qual grupo pertencia. Ambos os grupos foram solicitados a fazerem uso da vestimenta pelo período de sono noturno, entre as 22h00min e 06h00min, não excedendo em mais de duas horas o intervalo de tempo de uso e permanecendo em média por 8 horas com a camiseta, todos os dias, durante as quatro semanas do estudo. Para controle do uso, os grupos foram monitorados via aplicativo de *smartphone*. Receberam orientação quanto à higiene do material, ficaram em posse da vestimenta durante todo o período do estudo. Na figura 4, visualiza-se a camiseta placebo e na figura 5 a camiseta com biocerâmica.

**Figura 4 – Figura 4. Camiseta placebo.**



**Figura 5 – Figura 5. Camiseta com biocerâmica.**

O material de biocerâmica utilizado no estudo foi composto por partículas microscópicas de caulinita, turmalina e óxido de alumínio (Patente por M.E.T. LLC, USA). Análise da emissão de energia foi conduzida pelo Laboratório de Espectroscopia e Laser do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal Fluminense com um calorímetro Scientech (Boulder, CO, EUA), modelo Astral (SAC 2500S series) conectado a unidade detectora Scientech, modelo Astral (S AI310D series) na faixa entre 9 e 11 nm; com resultados da emissão do tecido com biocerâmica 0.91.

#### **4.9 Hemoglobina glicada**

O nível de hemoglobina glicada foi mensurado no plasma coletado dos participantes na semana prévia ao início do tratamento, e outra coleta aconteceu na semana subsequente ao final das 4 semanas de treinamento. O material foi coletado por profissional competente, centrifugado e analisado em laboratório privado em duas etapas (NETTO et al., 2009). Primeiramente, a hemoglobina foi clivada pela enzima endoproteinase em seus peptídeos, para depois separar por



cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) os hexapeptídeos N-terminais glicosados e não glicosados. Na sequência, foi quantificado por eletroforese capilar com detecção ultravioleta.

#### 4.10 Avaliação do estresse oxidativo

A avaliação do dano oxidativo foi realizada com base em mensura dos danos a lipídios e proteínas. O material biológico foi coletado por profissional competente em laboratório privado da cidade de Toledo - PR, e os dados foram analisados pelo Laboratório de Análises Clínicas da UNISUL em Palhoça - SC. O armazenamento e transporte do material foram realizados em temperatura de -80 graus Celsius. Os danos a lipídios foram analisados pela determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), realizada durante uma reação ácida de aquecimento (ESTERBAUER; CHEESEMAN, 1990). De forma simplificada, misturou-se 1mL de ácido tricloroacético a 10% e 1 mL de ácido tiobarbitúrico a 0,67% ao soro, e essa mistura foi aquecida em banho de água fervente por 15 minutos. TBARS foram determinados pela absorbância a 535nm, tendo como padrão externo o 1,1,3,3-tetrametoxipropano. Resultados foram expressos como equivalentes de malondialdeído por miligrama de proteína.

Os danos a proteínas foram mensurados pela determinação dos grupos carbonil, baseada na reação com dinitrofenilhidrazina (LEVINE et al., 1990). Proteínas foram, de forma resumida, precipitadas por adição de ácido tricloroacético a 20%, dissolvidas em dinitrofenilhidrazina. A absorbância foi avaliada em 370nm, com resultados expressos como concentrações de proteínas carboniladas por miligramas de proteína.

A atividade antioxidante foi determinada pelas atividades das enzimas superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT). A SOD foi determinada pela inibição da auto-oxidação da adrenalina, que foi medida espectrofotometricamente em 480nm, segundo a descrição de Bannister e Calabrese (1987), e foi representada por unidades por miligramas de proteína. E a CAT teve sua atividade determinada pela taxa de decaimento da absorbância do peróxido de hidrogênio em 240nm, segundo descrição previa de Aebi (1984), representada por unidades por miligrama de proteína.

As dosagens dos marcadores foram realizadas antes e depois das quatro semanas de treinamento resistido propostas pelo estudo.

#### 4.11 Análise estatística

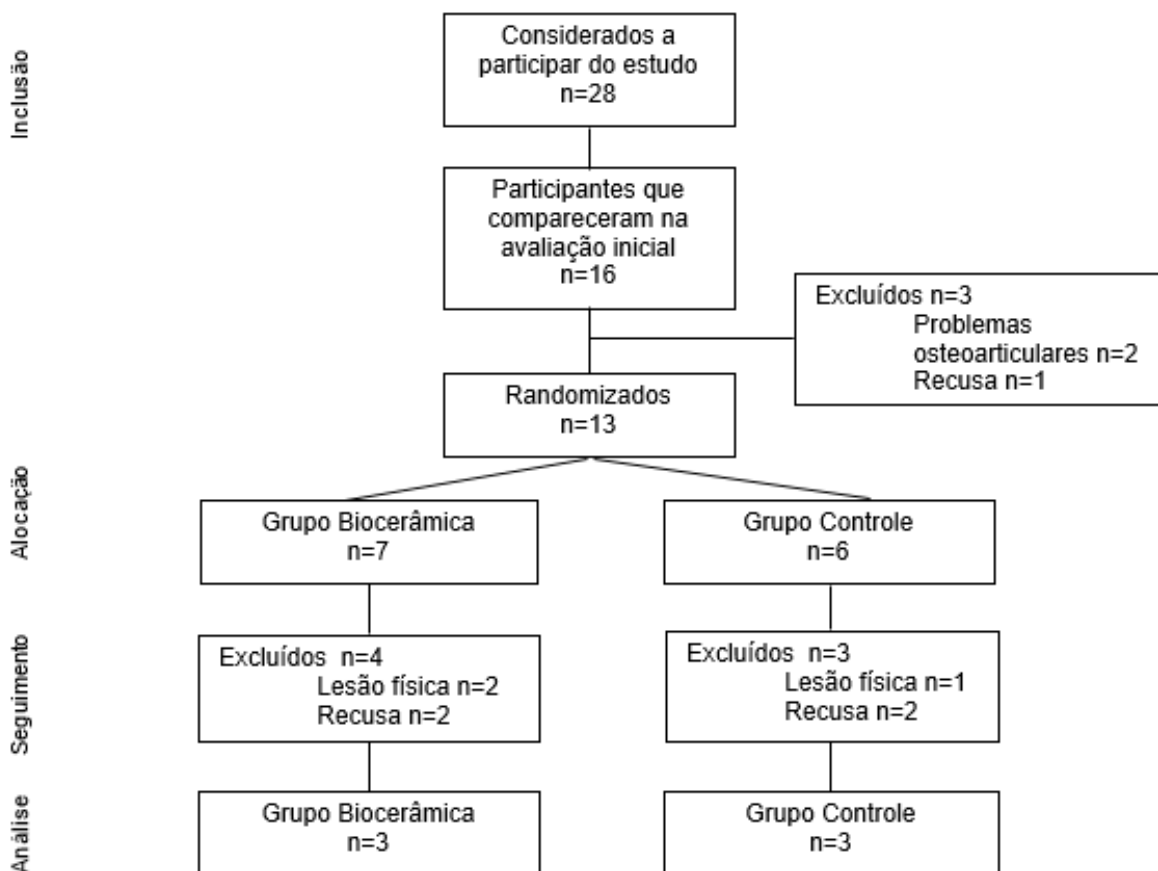
Os dados coletados foram organizados e armazenados em planilhas do software Excel para Windows. Posteriormente, foi realizada análise estatística descritiva por meio do Instat da Sigma. As variáveis foram descritas por medidas de tendência central e dispersão (média e desvio padrão), de forma individualizada, além de cálculos do percentual de variação ( $\Delta\%$ ) através do software Excel.

## 5 Resultados

O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do uso de vestimenta impregnada com biocerâmica na recuperação muscular de diabéticos tipo 1 após quatro semanas de treinamento resistido. Entre 57 diabéticos tipo 1 do sexo masculino com idade entre 18 e 40 anos, 28 aceitaram participar do estudo em primeiro contato. Dentre esses, 16 fizeram a avaliação inicial, e desse grupo dois foram eliminados por inaptidão física para realizar o treinamento físico proposto pelo estudo e um por motivos pessoais. Foram 13 os participantes que iniciaram o programa de treinamento, os quais foram alocados de forma randomizada em dois grupos, Grupo Biocerâmica (GB) com sete participantes e Grupo Controle com seis participantes (GC). Do grupo de 13 participantes, dois desistiram de participar do estudo, um se lesionou durante o período do estudo e 2 não completaram as quatro semanas propostas por motivos pessoais. Ao final, oito participantes foram reavaliados, dos quais dois apresentavam lesão física severa que os impossibilitou de concluir os testes físicos propostos pelo estudo. Foram analisados, ao final, dados de seis participantes, sendo três do GB e três do GC.

A figura 6 apresenta o organograma do estudo.

Figura 6 – Figura 6. Organograma do estudo.



A taxa de utilização da camiseta, com base no monitoramento remoto via aplicativo de *smartphone*, foi de 100%, bem como a taxa de participação nos exercícios propostos pelo protocolo de treinamento do estudo, controlada por profissional de educação física na academia onde foi realizado o protocolo de exercícios do estudo.

O GC apresentou média de idade de  $27,33 \pm 6,80$  anos (C1 18; C2 34 e C3 30 anos) e o GB apresentou média de idade de  $28,67 \pm 7,41$  anos (B1 19; B2 37 e B3 30 anos).

Com relação aos dados antropométricos, foram coletados dados de estatura, da massa corporal e calculado o valor do índice de massa corporal, que são apresentados na Tabela 1. Nesta mesma tabela são apresentados os dados de hemoglobina glicada (HbA1c). Os resultados são apresentados por média e desvio padrão.

**Tabela 1 – Resultados pré e após intervenção de treinamento físico associado ao uso de biocerâmica. Valores apresentados por média  $\pm$  DP.**

	GC (n=3) pré	GB (n=3) pré	GC (n=3) pós	GB (n=3) pós
Massa corporal (kg)	$86,37 \pm 22,85$	$90,2 \pm 19,05$	$87,33 \pm 20,78$	$91,33 \pm 19,33$
Estatura (m)	$1,79 \pm 0,02$	$1,83 \pm 0,02$	$1,79 \pm 0,02$	$1,83 \pm 0,02$
IMC $\text{kg}/\text{m}^2$	$26,87 \pm 0,02$	$26,9 \pm 5,44$	$27,17 \pm 6,53$	$27,27 \pm 5,52$
HbA1c %	$8,4 \pm 0,75$	$8,3 \pm 0,87$	$8,5 \pm 0,06$	$8,1 \pm 1,39$

Os dados antropométricos demonstram pequenas variações em relação à pré e pós-intervenção dentro de cada grupo com relação à massa corporal e ao IMC, conseqüentemente. Já com relação à hemoglobina glicada após a intervenção, os valores do GB indicam uma provável redução quando comparado ao grupo GC.

A análise da frequência cardíaca foi realizada pelo índice rMSSD, e teve como resultados pré-intervenção: C1 26,8 ms; C2 9,2 ms e C3 25,2 ms, enquanto os valores do GB foram: B1 39,7 ms; B2 10,9 ms e B3 36,2 ms. Após a intervenção, os valores do GC foram: C1 32,4 ms; C2 12,3 ms e C3 34,1 ms. O GB, por sua vez, após a intervenção, apresentou valores de rMMSSD de: B1 33,9 ms; B2 12,4 ms e B3 87,6 ms.

Para avaliar o desempenho muscular, foram coletados dados dos testes de *counter*

*moviment jump* (CMJ), *squat jump* (SJ) e 1 repetição máxima (1RM) nos exercícios supino e agachamento. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2 – Resultados de desempenho neuromuscular pré e após intervenção de treinamento físico associado ao uso de biocerâmica. Valores apresentados por média  $\pm$  DP.**

	GC (n=3) pré	GB (n=3) pré	GC (n=3) pós	GB (n=3) pós
Counter moviment jump (cm)	26,17 $\pm$ 7,87	19,73 $\pm$ 4,39	26,7 $\pm$ 5,86	26,6 $\pm$ 7,14
Squat jump (cm)	23,9 $\pm$ 5,9	21 $\pm$ 1,3	25,6 $\pm$ 5,52	25,4 $\pm$ 5,8
1 Repetição máxima supino (kg)	60 $\pm$ 15,2	60,83 $\pm$ 12,6	66,67 $\pm$ 10,41	72,5 $\pm$ 9,01
1 Repetição máxima agachamento (kg)	91 $\pm$ 27,6	106,67 $\pm$ 20,2	101,67 $\pm$ 10,41	120 $\pm$ 18,03

No teste CMJ, os valores médios de ambos os grupos foram maiores após a intervenção, sendo a diferença entre médias mais acentuadas no grupo biocerâmica quando comparado ao grupo controle. Para o teste SJ, todos os participantes obtiveram valores maiores nos testes realizados após intervenção.

O teste 1RM supino após intervenção apresentou aumento de carga, com valores médios maiores em ambos os grupos após a intervenção. No teste de 1RM agachamento, as médias também foram maiores após a intervenção em todos os grupos.

O dano oxidativo foi mensurado pela análise de lipídios – teste TBARS, dano oxidativo a proteínas – carbonil e pela atividade de enzimas antioxidantes – superoxidase (SOD) e catalase (CAT). Os resultados são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3 – Resultados das análises de estresse oxidativo pré e após intervenção de treinamento físico associado ao uso de biocerâmica. Valores apresentados por média  $\pm$  DP.**

	GC (n=3) pré	GB (n=3) pré	GC (n=3) pós	GB (n=3) pós
TBARS	0,0273 $\pm$ 0,0810	0,0270 $\pm$ 0,0013	0,0627 $\pm$ 0,0224	0,0266 $\pm$ 0,0043
Carbonil	0,0057 $\pm$ 0,0016	0,0045 $\pm$ 0,0029	0,0040 $\pm$ 0,0008	0,0033 $\pm$ 0,0009
SOD	0,0627 $\pm$ 0,0224	0,0353 $\pm$ 0,0114	0,0340 $\pm$ 0,0068	0,0584 $\pm$ 0,0225
CAT	0,0179 $\pm$ 0,0037	0,0109 $\pm$ 0,0014	0,0129 $\pm$ 0,0076	0,0156 $\pm$ 0,0088

Os resultados individuais das análises de estresse oxidativo do grupo controle são apresentados nos gráficos 1, 2, 3 e 4.

**Figura 7 – Gráfico 1. Resultados da análise de TBARS do grupo controle, em nmol/mg.**

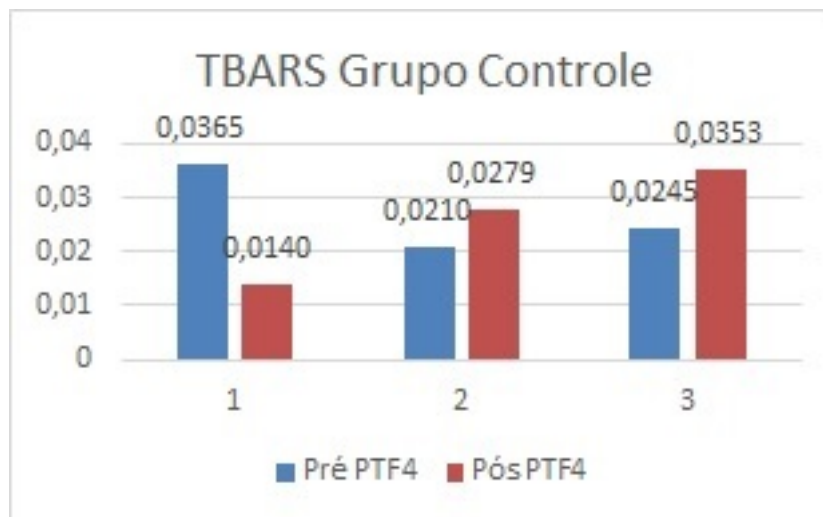


Figura 8 – Gráfico 2. Resultados da análise de carbonil do grupo controle, em nmol/mg.

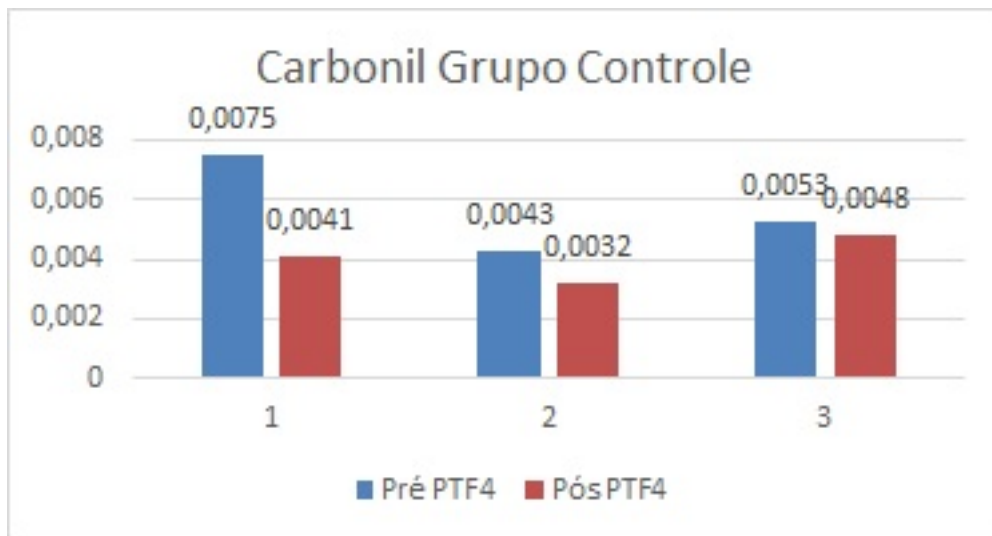
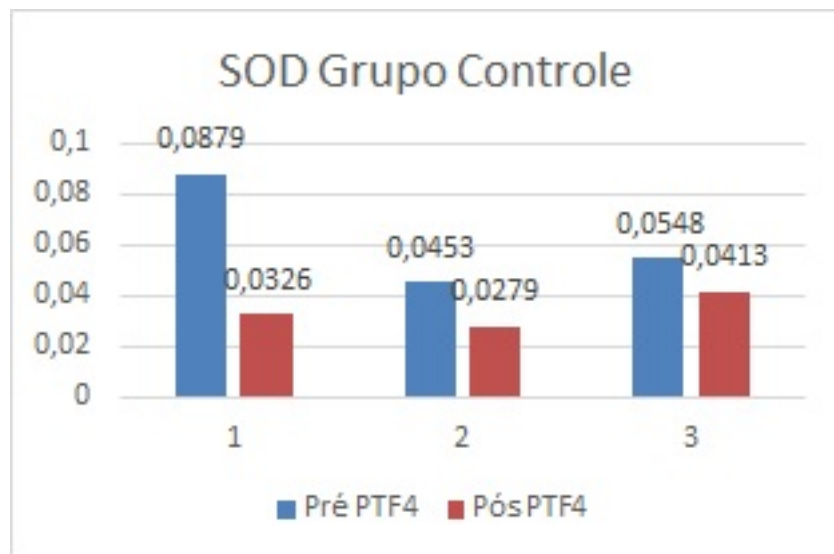
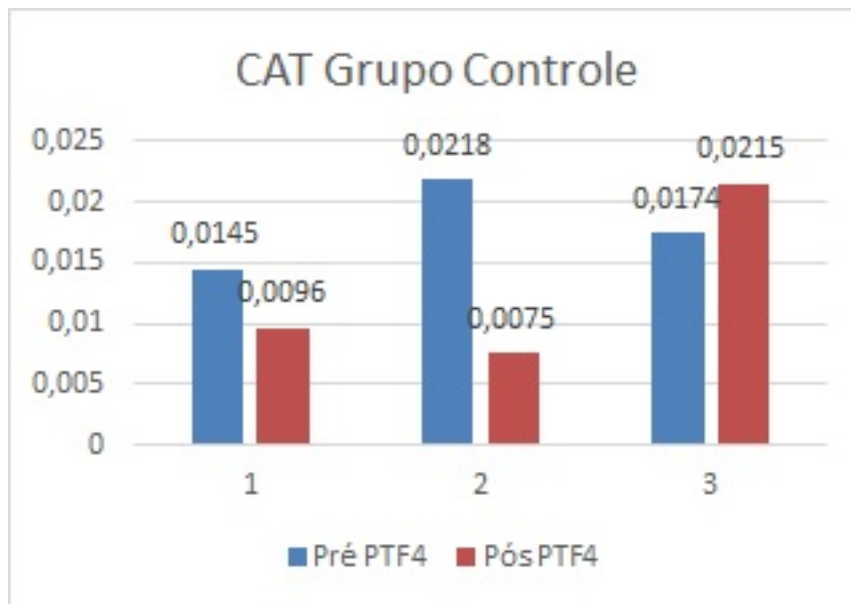


Figura 9 – Gráfico 3. Resultados da análise de SOD do grupo controle, em U/mg.



**Figura 10 – Gráfico 4. Resultados da análise de CAT do grupo controle, em U/mg.**

Os resultados do grupo biocerâmica para as avaliações de estresse oxidativo são apresentados nos gráficos 5, 6, 7 e 8.

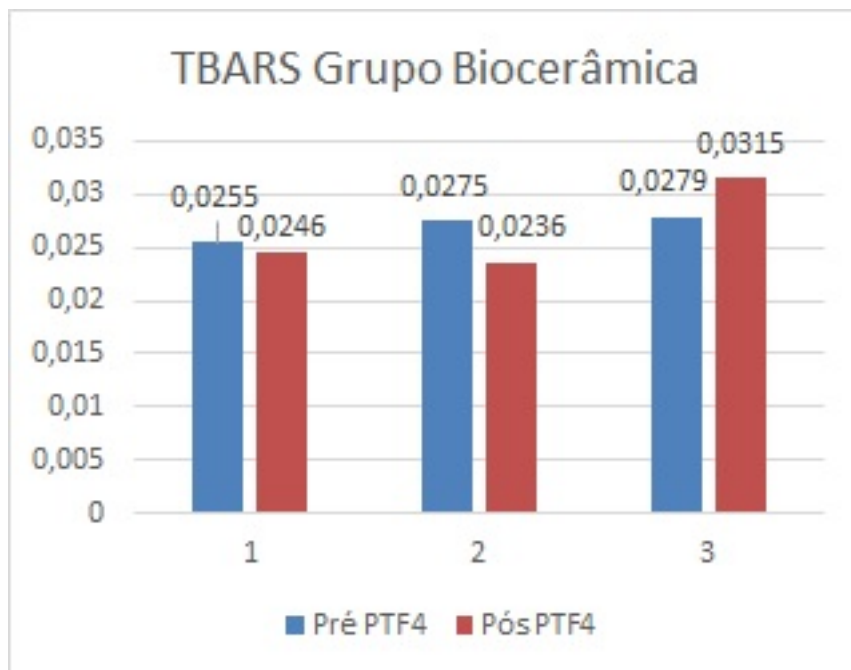
**Figura 11 – Gráfico 5. Resultados da análise de TBARS do grupo biocerâmica, em nmol/mg.**

Figura 12 – Gráfico 6. Resultados da análise de carbonil do grupo biocerâmica, em nmol/mg.

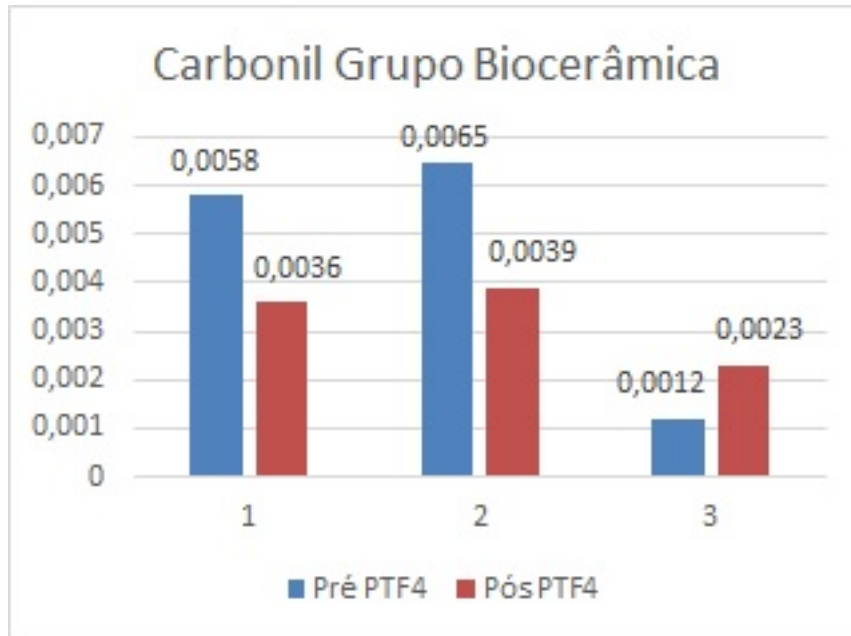
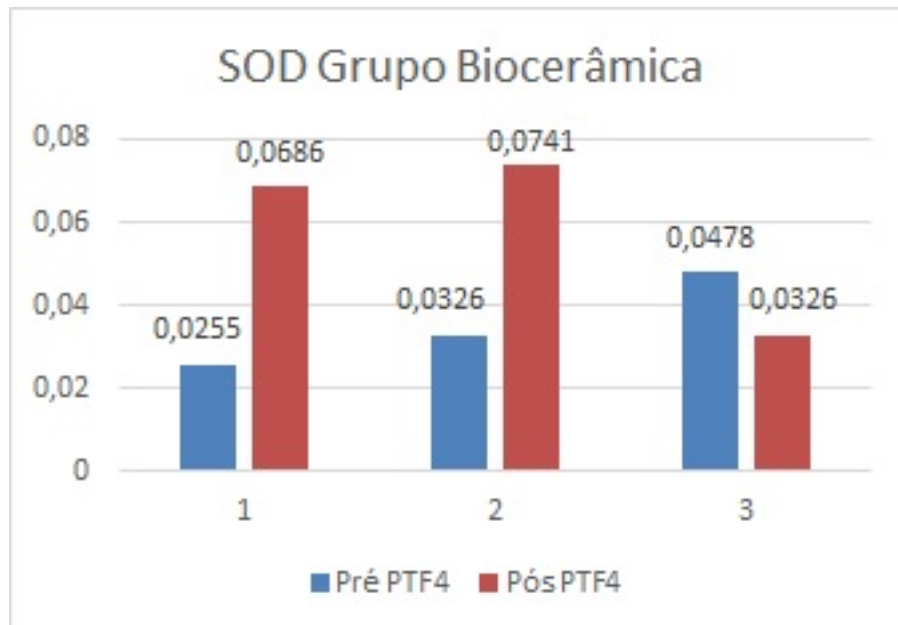
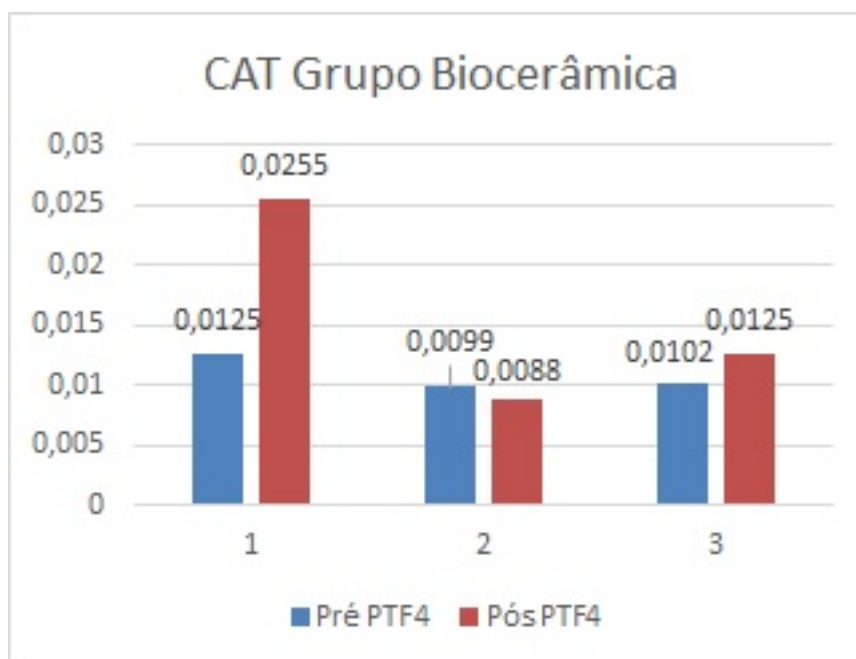


Figura 13 – Gráfico 7. Resultados da análise de SOD do grupo biocerâmica, em U/mg.





**Figura 14 – Gráfico 8. Resultados da análise de CAT do grupo biocerâmica, em U/mg.**

A tabela 4 apresenta dados da variação percentual ( $\Delta\%$ ) entre valores pré e pós-intervenção para os marcadores de estresse oxidativo avaliados nos grupos controle e biocerâmica.

**Tabela 4 –  $\Delta\%$  de valores dos marcadores de estresse oxidativo pré e pós intervenção nos grupos controle e biocerâmica.**

Valores de $\Delta\%$	Grupo Controle	Grupo Biocerâmica
$\Delta\%$ TBARS	129,67	-1,48
$\Delta\%$ Carbonil	-29,82	-26,67
$\Delta\%$ SOD	-45,77	65,44
$\Delta\%$ CAT	-27,93	43,11

Na avaliação após as intervenções, os valores médios de TBARS foram maiores no GC, apresentando uma variação percentual de 129,67. O GB apresentou valor médio de TBARS menor quando comparados os momentos pré e pós-intervenção, com variação percentual de -1,48. Ao avaliar o carbonil, percebe-se redução nos valores médios nos dois grupos após a intervenção.

Com relação às enzimas SOD e CAT, os valores médios do GC foram menores após a intervenção, com variação percentual de -45,77 para a SOD e -27,93 para a CAT. No GB, ambas as enzimas apresentaram concentrações superiores após a intervenção, com variação percentual de 65,44 para a SOD e 43,11 para a CAT.

Houve variação nos resultados individuais dos marcadores de estresse oxidativo avaliados neste estudo.

## 6 Discussão

Os resultados mais relevantes deste estudo foram relacionados ao estresse oxidativo, e de forma mais acentuada, na medida dos antioxidantes, com médias maiores para estas variáveis no grupo biocerâmica quando comparado ao grupo controle. Também foram encontrados resultados sugestivos de ação positiva da biocerâmica em testes de desempenho muscular, considerando os melhores resultados apresentados em ambos os grupos após o período de intervenção, mas com uma variação percentual mais acentuada no grupo biocerâmica.

Os participantes deste estudo apresentaram um IMC maior após as intervenções comparando-se com a medida realizada antes ( $\Delta\%GC$  1,12;  $\Delta\%GB$  1,38). As quatro semanas de exercício físico podem, supostamente, ter gerado um processo de hipertrofia muscular que seria capaz de justificar esse aumento (KRAEMER et al., 2004; MCCALL et al., 1996; RATAMESS et al., 2009). A ação do exercício resistido no organismo gera respostas biológicas, promovendo miogênese, estimulando fator de crescimento e síntese protéica. Fatores como resposta endócrina, ação muscular, tipo de fibra, formação de metabólitos e ingestão de aminoácidos podem determinar a magnitude da resposta de hipertrofia (RATAMESS et al., 2009).

A literatura apresenta resultados referentes à redução da Hb1Ac em diabéticos praticantes de exercício resistido (QUIRK et al., 2014; RÖHLING et al., 2016; YARDLEY et al., 2015). No presente estudo, o valor  $\Delta\%$  Hb1Ac no GC foi de 1,19, enquanto  $\Delta\%$  Hb1Ac no GB foi de -2,41, sendo, portanto, somente no GB a redução da Hb1Ac após as intervenções. O trabalho de Kawaura et al. (2010), um estudo de caso com quatro participantes acamados utilizando hipertermia gerada por FIR nos membros inferiores, apresentou resultados de Hb1Ac maiores após a intervenção proposta. Em trabalho com modelo animal, Lin et al. (2013) sugerem que a fotoluminescência de materiais biocerâmicos poderia ter aplicação clínica no tratamento da diabetes tipo 1 por melhora na glicemia, e, por consequência, melhorar as complicações decorrentes da doença.

Os marcadores de desempenho muscular apresentaram valores médios maiores nos dois grupos, sendo que no GB os testes de CMJ, de SJ, de 1RM agachamento e RM supino tiveram valor  $\Delta\%$  maiores do que os mesmos testes no GC, comparando valores pré e pós-intervenção. Os valores de  $\Delta\%$  para estas variáveis foram:  $\Delta\%$  CMJ no GC 2,03 e  $\Delta\%$  CJM no GB 34,82;  $\Delta\%$  SJ no GC 7,11 e  $\Delta\%$  SJ no GB 21,10;  $\Delta\%$  1RM agachamento no GC 11,73, e  $\Delta\%$  1RM agachamento GB 12,50; e ainda  $\Delta\%$  1RM supino no GC 11,17, enquanto  $\Delta\%$  1RM supino no GB 19,18.

Os efeitos do exercício resistido sobre marcadores de desempenho muscular são conhecidos. Por sua ação na melhora da composição corporal dos praticantes regulares, com aumento da massa magra, ganho de força e melhora na densidade óssea, entre outros benefícios, o exercício é indicado a diabéticos tipo 1, já que a doença é um fator de risco para perda de

massa muscular (COLBERG et al., 2016). O estudo de Sousa et al., (2018), visando ao conhecimento acerca da ação das cargas de treino resistido e da interação com exercício aeróbico com homens saudáveis, atesta que independentemente da carga do treinamento há benefícios no ganho de força, com base em análise de variáveis como CMJ e 1RM.

O aumento nos valores encontrados nos testes de desempenho muscular de ambos os grupos após a intervenção proposta pelo estudo são relacionados com os efeitos do exercício resistido. As cargas mecânicas as quais a musculatura é imposta no treinamento resistido geram uma sequência de reações que atuam na síntese proteica e na regulação de expressão genética. Ademais, adaptações neuromusculares ao exercício resistido geram, por diversos mecanismos neuromusculares, um aumento de força muscular desde a primeira semana de prática (RATAMESS et al., 2009).

Em todas as variáveis relacionadas ao desempenho muscular deste trabalho, o GB apresentou valor de  $\Delta\%$  maior do que os valores do GC. Loturco et al. (2016) sugerem que o uso de roupas com FIR é indicado para acelerar a recuperação de dor muscular relacionada ao exercício. A pesquisa de Hausswirth et al. (2011) realizada com corredores aponta para uma ação da FIR na recuperação pós exercício após 24 horas do dano muscular gerado pelo exercício.

Os resultados que tiveram apresentação de  $\Delta\%$  com maior tendência neste estudo foram os marcadores de estresse oxidativo. Enquanto  $\Delta\%$  TBARS do GC foi de 129,67, o  $\Delta\%$  TBARS de GB foi -1,48; já as enzimas antioxidantes apresentaram  $\Delta\%$  no GC menores quando comparado aos  $\Delta\%$  no GB ( $\Delta\%$  SOD GC -45,77 e  $\Delta\%$  SOD GB 65,44;  $\Delta\%$  CAT GC -27,93 e  $\Delta\%$  CAT GB 43,11). E o resultado de carbonil teve  $\Delta\%$  no GC de -29,82 e  $\Delta\%$  no GB de -26,67.

A resposta inflamatória após o exercício é necessária para que ocorra reparação muscular; porém, ela também tem efeitos sobre o aumento de geração de ROS, o que contribui para instalação de estado de estresse oxidativo após o exercício (BESSA et al., 2016). Apesar disso, exercícios apresentam uma modulação positiva no sistema imunológico (CODELLA; TERRUZZI; LUZI, 2017).

Os efeitos da FIR relacionados à sua ação antioxidante e redutora de estresse oxidativo vêm sendo estudados. Por exemplo, Lin, Lee e Lung (2013), em um estudo realizado com estudantes, analisaram ânions superóxido no plasma sanguíneo dos participantes, e expuseram eles a ação da FIR por meio de material com biocerâmica incorporada. Os resultados mostram que a biocerâmica teve ação na redução da geração de ânions superóxido no organismo. Nunes et al. (2018) realizaram estudo com atletas de futsal que fizeram uso de vestimenta de biocerâmica durante duas semanas no período de sono, por aproximadamente 8 horas. Os resultados apontam para: aumento dos valores nos testes de SJ no grupo biocerâmica após intervenção, e CMJ com resultados maiores em ambos os grupos no período pós-intervenção; aumento de TBARS e carbonil semelhantes em todos os grupos do estudo; e ainda redução na SOD de forma mais expressiva no grupo placebo e redução da CAT em todos os grupos, comparando momento pré e

pós-intervenção.

Em um estudo *in vitro*, Leung et al. (2012) apresentam resultados do efeito da biocerâmica na proteção de células sob efeito de estresse oxidativo por redução na liberação celular do lactato desidrogenase. No tocante ao processo inflamatório, a biocerâmica apresentou ação de inibição de ciclooxigenase-2 e de prostaglandina E2, enzima e mediador ligados à dor inflamatória (LEUNG et al., 2013).

Houve; no entanto, limitação com o recrutamento e a adesão por parte dos participantes ao estudo, que iniciou com 28 participantes e finalizou com seis.

Apesar de haver indicação por parte dos guias de manejo de diabetes para a prática de atividade física por três ou mais dias na semana em total de 150 minutos semanais de exercício aeróbico, e prática de exercício resistido por três dias na semana (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2018), indivíduos com DM1 ainda são menos ativos fisicamente do que indivíduos sem a doença (CODELLA; TERRUZZI; LUZI, 2017).

Dois grandes obstáculos são o controle glicêmico e a hipoglicemia pós-exercício (CODELLA; TERRUZZI; LUZI, 2017). O medo da hipoglicemia é uma condição séria, que pode interferir na qualidade de vida do diabético tipo 1 (MARTYN-NEMETH et al., 2018), e é considerado o maior motivo pelo qual diabéticos não praticam exercício físico de forma regular (RIDDELL et al., 2017; YARDLEY; SIGAL, 2015). A hipoglicemia acontece quando os níveis de insulina estão altos, podendo acontecer durante e após a prática de exercício físico (CODELLA; TERRUZZI; LUZI, 2017).

Em um estudo qualitativo com 30 diabéticos tipo 1, Martyn-Nemeth et al. (2018) questionaram acerca da influência que o medo da hipoglicemia exerce no dia a dia dos diabéticos. Relatou-se que praticar exercício físico exige, por parte dos diabéticos, um planejamento estratégico no sentido de evitar a hipoglicemia, e isso pode ser por vezes frustrante. Para que a hipoglicemia seja evitada, é preciso reduzir a quantidade de insulina disponível, suplementar com a ingesta de carboidratos ou ainda combinar as duas táticas (MOSER et al., 2017).

Outros estudos realizados com intervenção em diabéticos tipo 1, que incluíam realização de exercícios físicos, também relataram que houve recusa de alguns participantes em continuarem com o estudo, como no trabalho de Mitchell et al. (2018), de Inkster et al. (2015), de Yardley et al. (2015), sendo as taxas de aderência aos programas de exercícios comentadas também em revisão de Yardley et al. (2014), que também cita a hipoglicemia como fator concorrente a adesão da prática de exercício físico por indivíduos com DM1.

Cockcroft et al. (2017) desenvolveram seu estudo acerca da resposta glicêmica a dois diferentes tipos de exercício: o exercício intervalado de alta intensidade e o exercício moderado. Em uma amostra de três adolescentes com diabetes tipo 1, verifica-se uma relação positiva entre a prática do exercício independente da mesma forma com uma amostra limitada. Corroborando

desta mesma linha de investigação, Moser et al. (2017) realizaram um estudo de caso de um diabético tipo 1 cuja resposta glicêmica ao exercício físico não envolvia uma queda da glicose, mesmo com outras respostas hormonais dentro dos parâmetros normais. Nesse caso, a redução da insulina, que é aconselhada para a realização do exercício, seria potencialmente danosa, podendo gerar um quadro de hiperglicemia e cetoacidose.

O trabalho de Dubé et al. (2006) visou a desenvolver um questionário acerca das barreiras para a adesão ao exercício físico por parte de diabéticos tipo 1; não obstante, novamente foi mencionado o medo da hipoglicemia como fator limitante. Eles afirmam que, pela importância que a atividade física tem para a melhora da saúde dos diabéticos tipo 1 e associada à baixa adesão à prática, os profissionais de saúde deveriam se ater mais as causas que levam a não adesão ao exercício. A validade do questionário foi confirmada em trabalho de Brazeau et al. (2012), realizado com 77 adultos diabéticos tipo 1.

## 7 Conclusão

O uso de camiseta impregnada com biocerâmica por diabéticos tipo 1 durante quatro semanas de realização de protocolo de exercício resistido expõe possíveis efeitos positivos sobre os marcadores de desempenho muscular e também sobre o estresse oxidativo.

Os marcadores de desempenho muscular parecem ter possíveis respostas ao protocolo de exercícios resistidos porposto. Houve aumento nos valores médios de todas as variáveis avaliadas relacionadas ao desempenho muscular, com um possível efeito positivo do uso da biocerâmica, considerando os valores de variação percentual maiores apresentados por este grupo quando comparado ao GC.

Os principais achados do presente estudo são relacionados aos marcadores de estresse oxidativo, com valores variação percentual de TBARS maiores no GC, enquanto no GB a variação percentual desses valores foi negativa. Ao analisar o carbonil, houve redução da variação percentual em ambos os grupos. Resultados de variação percentual de SOD e CAT foram positivos no GC, enquanto no GB esses resultados sofreram variação negativa, com redução nos valores médios dos marcadores avaliados após período de intervenção.

Houve, nos grupos estudados, aumento do IMC sem provável relação direta com o uso da biocerâmica, já que os valores de  $\Delta\%$  nesse marcador foram semelhantes nos dois grupos, GC e GB. Há indicativo de efeitos benéficos do uso de vestimenta com biocerâmica na hemoglobina glicada, que apresentou redução na variação percentual no GB enquanto o GC apresentou variação percentual positiva.

As respostas individuais apresentaram variação entre participantes nas variáveis analisadas.

O pequeno número da amostra foi um fator limitante ao estudo. Sugere-se que novos estudos sejam realizados, com um maior número de pacientes, para que as respostas acerca da eficácia da biocerâmica na recuperação muscular após exercício possam ser encontradas.

## 8 Referências

- AEBI, H. Catalase in vitro. **Methods in enzymology**, [s. l.], v. 105, p. 121–6, 1984.
- AMERICAN ASSOCIATION OF DIABETES EDUCATORS. Diabetes and Physical Activity. **The Diabetes Educator**, [s. l.], v. 38, n. 1, p. 129–132, 2012. Disponível em: <<http://tde.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/0145721711426094>>
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Classification and diagnosis of diabetes. **Diabetes Care**, [s. l.], v. 39, n. January, p. S13–S22, 2016.
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Standarts of Medical Care in Diabetes - 2017. **Diabetes Care**, [s. l.], v. 40, n. 1, p. S1–S135, 2017.
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Standards of Medical Care in Diabetes—2018. **Diabetes Care**, [s. l.], v. 41, n. Supplement 1, p. S55–S64, 2018.
- ASKENASY, E. M.; ASKENASY, N. Is autoimmune diabetes caused by aberrant immune activity or defective suppression of physiological self-reactivity? **Autoimmunity Reviews**, [s. l.], v. 12, n. 5, p. 633–637, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.autrev.2012.12.004>>
- ATALAY, M.; LAAKSONEN, D. E. Diabetes, oxidative stress and physical exercise. **Journal of Sports Science and Medicine**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 1–14, 2002.
- ATKINSON, M. A.; EISENBARTH, G. S.; MICHELS, A. W. Type 1 diabetes. **The Lancet**, [s. l.], v. 383, n. 9911, p. 69–82, 2014. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)60591-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60591-7)>
- AZIZBEIGI, K.; AZARBAYJANI, M. A.; ATASHAK, S.; STANNARD, S. R. Effect of moderate and high resistance training intensity on indices of inflammatory and oxidative stress. **Research in Sports Medicine**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 73–87, 2015.
- BANNISTER, J. V.; CALABRESE, L. Assays for superoxide dismutase. **Methods of biochemical analysis**, [s. l.], v. 32, p. 279–312, 1987.
- BARBOSA, J. H. P.; OLIVEIRA, S. L.; SEARA, L. T. E. O papel dos produtos finais da glicação avançada (AGEs) no desencadeamento das complicações vasculares do diabetes. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, [s. l.], v. 52, n. 6, p. 940–950, 2008.
- BARNETT, A. Using recovery modalities between training sessions in elite athletes: Does it help? **Sports Medicine**, [s. l.], v. 36, n. 9, p. 781–796, 2006.
- BARREIROS, A. L. B. S.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P. Estresse oxidativo: Relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, [s. l.], v. 29, n. 1, p. 113–123, 2006.



BESSA, A. L.; OLIVEIRA, V. N.; AGOSTINI, G. G.; OLIVEIRA, R. J. S.; OLIVEIRA, A. C. S.; WHITE, G. E.; WELLS, G. D.; TEIXEIRA, D. N. S.; ESPINDOLA, F. S. Exercise Intensity and Recovery: Biomarkers of Injury, Inflammation, and Oxidative Stress. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 311–319, 2016. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23604000>>

BOSCO, C. **La valoración de la fuerza con el teste de Bosco**. Barcelona: Paidotribo, 1994.

BRAITH, R. W.; STEWART, K. J. Resistance exercise training: Its role in the prevention of cardiovascular disease. **Circulation**, [s. l.], v. 113, n. 22, p. 2642–2650, 2006.

BRASIL. Estratégias para o cuidado da pessoa com doença crônica: diabetes mellitus. **Cadernos de Atenção Básica**, n. 36, 2013.

BRAZEAU, A. S.; MIRCESCU, H.; DESJARDINS, K.; DUBÉ, M. C.; WEISNAGEL, S. J.; LAVOIE, C.; RABASA-LHORET, R. The Barriers to Physical Activity in Type 1 Diabetes (BAPAD-1) scale: Predictive validity and reliability. **Diabetes and Metabolism**, [s. l.], v. 38, n. 2, p. 164–170, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.diabet.2011.10.005>>

BROWN, L. E.; WEIR, J. P. ASEP Procedures Recommendation I: Accurate Assessment of Muscular Strength and Power. *Journal of Exercise Physiology*, [s. l.], v. 4, n. 3, p. 1–22, 2001. ÇAKIR-ATABEK, H.; DEMIR, S.; PINARBASIL, R. D.; GÜNDÜZ, N. Effects of different resistance training intensity on indices of oxidative stress. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], v. 24, n. 9, p. 2491–2497, 2010.

ÇAKIR-ATABEK, H.; ÖZDEMİR, F.; ÇOLAK, R. Oxidative stress and antioxidant responses to progressive resistance exercise intensity in trained and untrained males. **Biology of Sport**, [s. l.], v. 32, n. 4, p. 321–328, 2015. Disponível em: <<http://183.indexcopernicus.com/abstracted.php?level=5&ICID=1176302>>

CALLEJA-GONZÁLEZ, J.; TERRADOS, N.; MIELGO-AYUSO, J.; DELEXTRAT, A.; JUKIC, I.; VAQUERA, A.; TORRES, L.; SCHELLING, X.; STOJANOVIC, M.; OSTOJIC, S. M. Evidence-based post-exercise recovery strategies in basketball. **Physician and Sportsmedicine**, [s. l.], v. 44, n. 1, p. 74–78, 2016.

CANIVELL, S.; GOMIS, R. Diagnosis and classification of autoimmune diabetes mellitus. **Autoimmunity Reviews**, [s. l.], v. 13, n. 4–5, p. 403–407, 2014.

CASTRO-CORREIA, C.; CASTRO-CORREIA, C.; MAIA, M. L.; NORBERTO, S.; COSTA-SANTOS, C.; BARROSO, M. F.; CARVALHO, A.; FONTOURA, M.; DOMINGUES, V.; CALHAU, C. Can Antioxidative Status Be Involved in Type 1 Diabetes? **Journal of Clinical Medicine Research**, [s. l.], v. 9, n. 12, p. 998–1001, 2017.

CHIANG, J. L.; KIRKMAN, M. S.; LAFFEL, L. M. B.; PETERS, A. L. Type 1 diabetes through the life span: A position statement of the American Diabetes Association. **Diabetes**

**Care**, [s. l.], v. 37, n. 7, p. 2034–2054, 2014.

CHIMEN, M.; KENNEDY, A.; NIRANTHARAKUMAR, K.; PANG, T. T.; ANDREWS, R.; NARENDRAN, P. What are the health benefits of physical activity in type 1 diabetes mellitus? A literature review. **Diabetologia**, [s. l.], v. 55, n. 3, p. 542–551, 2012.

CHODZKO-ZAJKO, W. J.; PROCTOR, D. N.; FIATARONE SINGH, M. A.; MINSON, C. T.; NIGG, C. R.; SALEM, G. J.; SKINNER, J. S. Exercise and physical activity for older adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [s. l.], v. 41, n. 7, p. 1510–1530, 2009.

CIAN, C.; GIANOCCA, V.; BARRAUD, P. A.; GUERRAZ, M.; BRESCIANI, J. P. Gait & Posture Bioceramic fabrics improve quiet standing posture and handstand stability in expert gymnasts. **Gait & Posture**, [s. l.], v. 42, p. 419–423, 2015.

CIDRAL-FILHO, F. J.; MARTINS, D. F. Neurobiological Mechanisms and Perspectives on Far-Infrared Emitting Ceramic Materials for Pain Relief. **Journal of Yoga & Physical Therapy**, [s. l.], v. 04, n. 02, 2014. Disponível em: <<http://www.omicsonline.org/open-access/neurobiological-mechanisms-and-perspectives-on-farinfrared-emitting-ceramic-materials-for-pain-relief-2157-7595.1000159.php?aid=23650>>

COCKCROFT, E. J.; MOUDIOTIS, C.; KITCHEN, J.; BOND, B.; WILLIAMS, C. A.; BARKER, A. R. High-intensity interval exercise and glycemic control in adolescents with type one diabetes mellitus: a case study. **Physiological Reports**, [s. l.], v. 5, n. 13, p. 1–6, 2017.

CODELLA, R.; TERRUZZI, I.; LUZI, L. Why should people with type 1 diabetes exercise regularly? **Acta Diabetologica**, [s. l.], v. 54, n. 7, p. 615–630, 2017.

COLBERG, S. R.; SIGAL, R. J.; YARDLEY, J. E.; RIDDELL, M. C.; DUNSTAN, D. W.; DEMPSEY, P. C.; HORTON, E. S.; CASTORINO, K.; TATE, D. F. Physical Activity/Exercise and Diabetes: A Position Statement of the American Diabetes Association. **Diabetes Care**, [s. l.], v. 39, n. 11, p. 2065–2079, 2016.

COLEMAN, S. K.; REBALKA, I. A.; D'SOUZA, D. M.; HAWKE, T. J. Skeletal muscle as a therapeutic target for delaying type 1 diabetic complications. **World Journal of Diabetes**, [s. l.], v. 6, n. 17, p. 1323–1336, 2015.

CONRADO, L. A. L.; MUNIN, E. Reduction in body measurements after use of a garment made with synthetic fibers embedded with ceramic nanoparticles. **Journal of Cosmetic Dermatology**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 30–35, 2011.

DE ANGELIS, K.; PUREZA, D. Y. Da; FLORES, L. J. F.; RODRIGUES, B.; MELO, K. F. S.; SCHAAN, B. D.; IRIGOYEN, M. C. Efeitos fisiológicos do treinamento físico em pacientes portadores de diabetes tipo 1. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, [s. l.], v. 50, p. 1005–1013, 2006.

DIMEGLIO, L. A.; EVANS-MOLINA, C.; ORAM, R. A. Type 1 diabetes. **The Lancet**, [s. l.], v. 391, n. 10138, p. 2449–2462, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/S0140->

6736(18)31320-5>

DUBÉ, M. C.; VALOIS, P.; PRUD'HOMME, D.; WEISNAGEL, S. J.; LAVOIE, C. Physical activity barriers in diabetes: Development and validation of a new scale. **Diabetes Research and Clinical Practice**, [s. l.], v. 72, n. 1, p. 20–27, 2006.

DUDA-SOBCZAK, A.; FALKOWSKI, B.; ARASZKIEWICZ, A.; ZOZULINSKA-ZIOLKIEWICZ, D. Association Between Self-reported Physical Activity and Skin Autofluorescence, a Marker of Tissue Accumulation of Advanced Glycation End Products in Adults With Type 1 Diabetes: A Cross-sectional Study. **Clinical Therapeutics**, [s. l.], v. 40, n. 6, p. 872–880, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.clinthera.2018.02.016>>

ESTERBAUER, H.; CHEESEMAN, K. H. Determination of aldehydic lipid peroxidation products: malonaldehyde and 4-hydroxynonenal. **Methods in enzymology**, [s. l.], v. 186, p. 407–21, 1990.

FARINHA, J. B.; RAMIS, T. R.; VIEIRA, A. F.; MACEDO, R. C. O.; RODRIGUES-KRAUSE, J.; BOENO, F. P.; SCHROEDER, H. T.; MÜLLER, C. H.; BOFF, W.; KRAUSE, M.; DE BITTENCOURT, P. I. H.; REISCHAK-OLIVEIRA, A. Glycemic, inflammatory and oxidative stress responses to different high-intensity training protocols in type 1 diabetes: A randomized clinical trial. **Journal of Diabetes and its Complications**. <https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2018.09.008>

FERNANDES, S. M.; CORDEIRO, P. M.; WATANABE, M.; FONSECA, C. D. Da; VATTIMO, M. de F. F. The role of oxidative stress in streptozotocin-induced diabetic nephropathy in rats. **Archives of Endocrinology and Metabolism**, [s. l.], v. 60, n. 5, p. 443–449, 2016. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2359-39972016000500443&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2359-39972016000500443&lng=en&tlng=en)>

FERREIRA, A.L.A.; MATSUBARA, L. S. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. **Medicina**, [s. l.], v. 43, n. 1, p. 61–68, 1997. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-42301997000100014&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-42301997000100014&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)>

FINAUD, J.; LAC, G.; FILAIRE, E. Oxidative stress: relationship with exercise and training. **Sports Med**, [s. l.], v. 36, n. 4, p. 327–358, 2006. Disponível em: <[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list\\_uids=16573358](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=16573358)>

GACITUA, T.; KARACHON, L.; ROMERO, E.; PARRA, P.; POBLETE, C.; RUSSELL, J.; RODRIGO, R. Effects of resistance training on oxidative stress-related biomarkers in metabolic diseases: a review. **Sport Sciences for Health**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 1–7, 2018.

GALASSETTI, P.; RIDDELL, M. C. Exercise and type 1 diabetes (T1DM). **Comprehensive Physiology**, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 1309–1336, 2013.

GARCÍA-GARCÍA, F.; KUMARESWARAN, K.; HOVORKA, R.; HERNANDO, M.

E. Quantifying the Acute Changes in Glucose with Exercise in Type 1 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, [s. l.], v. 45, p. 587–599, 2015.

GOLBIDI, S.; BADRAN, M.; LAHER, I. Antioxidant and anti-inflammatory effects of exercise in diabetic patients. **Experimental Diabetes Research**, [s. l.], v. 2012, 2012.

GORDON, C. C.; CHUMLEA, W. C. C.; ROCHE, A. F. Stature, recumbent length, and weight. In: LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. (Ed.). **Anthropometric standardization reference manual**. Champaign: Human Kinetics, 1988. p. 3-8.

HAMER, M.; STEPTOE, A. Vascular inflammation and blood pressure response to acute exercise. **European Journal of Applied Physiology**, [s. l.], v. 112, p. 2375–2379, 2012.

HARCOURT, B. E.; PENFOLD, S. a; FORBES, J. M. Coming full circle in diabetes mellitus: from complications to initiation. **Nature reviews. Endocrinology**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 113–23, 2013. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23296171>>

HAUSSWIRTH, C.; LOUIS, J.; BIEUZEN, F.; POURNOT, H.; FOURNIER, J.; FILLIARD, J. R.; BRISSWALTER, J. Effects of whole-body cryotherapy vs. far-infrared vs. passive modalities on recovery from exercise-induced muscle damage in highly-trained runners. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 6, n. 12, p. e27749, 2011.

HUDSON, M. B.; HOSICK, P. A.; MCCAULLEY, G. O.; SCHRIEBER, L.; WRIEDEN, J.; MCANULTY, S. R.; TRIPLETT, N. T.; MCBRIDE, J. M.; QUINDRY, J. C. The effect of resistance exercise on humoral markers of oxidative stress. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [s. l.], v. 40, n. 3, p. 542–548, 2008.

INKSTER, B.; ELDER, J.; ALEXANDER, C.; OSBORNE, L.; ZAMMITT, N. N.; FRIER, B. M. Post-partum hypoglycaemia in lactating women with type 1 diabetes: a pilot study using continuous glucose monitoring. **British Journal of Diabetes and Vascular Disease**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 119–122, 2015.

IDF. International Diabetes Federation. **IDF Diabetes Atlas, 6th edn**. Brussels, Belgium:International Diabetes Federation, 2013. Disponível em: <http://www.diabetesatlas.org>

IDF. International Diabetes Federation. **IDF Diabetes Atlas, 7th edn**. Brussels, Belgium:International Diabetes Federation, 2015. Disponível em: <http://www.diabetesatlas.org>

IDF. International Diabetes Federation. **IDF Diabetes Atlas, 8th edn**. Brussels, Belgium:International Diabetes Federation, 2017. Disponível em: <http://www.diabetesatlas.org>

INOUE, S.; KABAYA, M. Biological activities caused by far-infrared radiation. **International Journal of Biometeorology**, [s. l.], v. 33, n. 3, p. 145–150, 1989.

KATSAROU, A.; GUDBJÖRNSDOTTIR, S.; RAWSHANI, A.; DABELEA, D.; BONIFACIO, E.; ANDERSON, B. J.; JACOBSEN, L. M.; SCHATZ, D. A.; LERNMARK, A. Type 1 diabetes mellitus. **Nature Reviews Disease Primers**, [s. l.], v. 3, p. 1–18, 2017.

Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/nrdp.2017.16>>

KAWAURAAE, A.; TANIDA, N.; KAMITANI, M.; AKIYAMA, J.; MIZUTANI, M.; TSUGAWA, N.; OKANO, T.; TAKEDA, E. The effect of leg hyperthermia using far infrared rays in bedridden subjects with type 2 diabetes mellitus. **Acta Medica Okayama**, [s. l.], v. 64, n. 2, p. 143–147, 2010.

KE, Y. M.; OU, M. C.; HO, C. K.; LIN, Y. S.; LIU, H. Y.; CHANG, W. A. Effects of somatothermal far-infrared ray on primary dysmenorrhea: A pilot study. **Evidence-based Complementary and Alternative Medicine**, [s. l.], v. 2012, 2012.

KIM, J.-S.; LEE, Y.-H.; KIM, J.-C.; KO, Y.-H.; YOON, C.-S.; YI, H.-K. Effect of Exercise Training of Different Intensities on Anti-Inflammatory Reaction in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. **Biology of Sport**, [s. l.], v. 31, n. 1, p. 73–79, 2014.

KRAEMER, W. J.; NINDL, B. C.; RATAMESS, N. A.; GOTSHALK, L. A.; VOLEK, J. S.; FLECK, S. J.; NEWTON, R. U.; HÄKKINEN, K. Changes in Muscle Hypertrophy in Women with Periodized Resistance Training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [s. l.], v. 36, n. 4, p. 697–708, 2004.

LEE, C. H.; ROH, J.-W.; LIM, C.-Y.; HONG, J. H.; LEE, J. K.; MIN, E. G. A multicenter, randomized, double-blind, placebo-controlled trial evaluating the efficacy and safety of a far infrared-emitting sericite belt in patients with primary dysmenorrhea. **Complementary therapies in medicine**, [s. l.], v. 19, n. 4, p. 187–193, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ctim.2011.06.004>>

LEUNG, T.-K.; LEE, C.-M.; LIN, S.-L.; WU, C.-H.; CHIOU, J.-F.; HUANG, P.-J.; SHEN, L.-K.; HUNG, C.-S.; HO, Y.-S.; WANG, H.-J.; KUNG, C.-H.; LIN, Y.-H.; YEH, H.-M. Protective Effect of Non-Ionizing Radiation from Ceramic Far Infrared (cFIR)-Emitting Material Against Oxidative Stress on Human Breast Epithelial Cells. **Journal of Medical and Biological Engineering**, [s. l.], v. 34, n. 1, p. 69, 2014. a. Disponível em: <<http://jmbe.bme.ncku.edu.tw/index.php/bme/article/view/2124/1037>>

LEUNG, T.-K.; LIN, J.-M.; CHIEN, H.-S.; DAY, T.-C. Biological effects of melt spinning fabrics composed of 1% bioceramic material. **Textile Research Journal**, [s. l.], v. 82, n. 11, p. 1121–1130, 2012. a. Disponível em: <<http://trj.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/0040517512439917>>

LEUNG, T. K. In vitro and in vivo studies of the biological effects of bioceramic (a material of emitting high performance far-infrared ray) irradiation. **Chinese Journal of Physiology**, [s. l.], v. 58, n. 3, p. 147–155, 2015.

LEUNG, T. K.; CHEN, C. H.; TSAI, S. Y.; HSIAO, G.; LEE, C. M. Effects of far infrared rays irradiated from ceramic material (BIOCERAMIC) on psychological stress-conditioned elevated heart rate, blood pressure, and oxidative stress-suppressed cardiac contractility. **The**

**Chinese journal of physiology**, [s. l.], v. 55, n. 5, p. 323–330, 2012. b.

LEUNG, T. K.; LIN, S. L.; YANG, T. S.; YANG, J. C.; LIN, Y. S. The Influence of Ceramic Far-Infrared Ray (cFIR) Irradiation on Water Hydrogen Bonding and its Related Chemo-physical Properties. **Hydrology: Current Research**, [s. l.], v. 5, n. 3, 2014. b. Disponível em: <<http://omicsonline.org/open-access/the-influence-of-ceramic-farinfrared-ray-cf-ir-irradiation-on-water-hydrogen-bonding-and-its-related-chemophysical-properties-2157-7587-174.php?aid=28633>>

LEUNG, T. K.; LIN, Y. S.; LEE, C. M.; CHEN, Y. C.; SHANG, H. F.; HSIAO, S. Y.; CHANG, H. T.; CHAO, J. S. Direct and indirect effects of ceramic far infrared radiation on the hydrogen peroxide-scavenging capacity and on murine macrophages under oxidative stress. **Journal of Medical and Biological Engineering**, [s. l.], v. 31, n. 5, p. 345–351, 2011.

LEUNG, T. K.; LIU, Y. C.; CHEN, C. H.; NIEN-FANG, H.; CHEN, K. C.; LEE, C. M. In vitro cell study of possible anti-inflammatory and pain relief mechanism of far-infrared ray-emitting ceramic material. **Journal of Medical and Biological Engineering**, [s. l.], v. 33, n. 2, p. 179–184, 2013. a.

LEUNG, T.; KUO, C.; LEE, C.; KAN, N.; HOU, C. Physiological Effects of Bioceramic Material: Harvard Step , Resting Metabolic Rate and Treadmill Running Assessments. **Chinese Journal of Physiology**, [s. l.], v. 56, n. 6, p. 334–340, 2013. b.

LEUNG, T.; LIN, Y.; CHEN, Y.; SHANG, H.; LEE, Y.; SU, C. Immunomodulatory effects of far-infrared ray irradiation via increasing calmodulin and nitric oxide production in raw 264.7 macrophages. **Biomedical Engineering: Applications, Basis and Communications**, [s. l.], v. 21, n. 5, p. 317–323, 2009.

LEVINE, R. L.; GARLAND, D.; OLIVER, C. N.; AMICI, A.; CLIMENT, I.; LENZ, A. G.; AHN, B. W.; SHALTIEL, S.; STADTMAN, E. R. Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins. **Methods in enzymology**, [s. l.], v. 186, p. 464–78, 1990.

LICHTENBERG, D.; PINCHUK, I. Oxidative stress, the term and the concept. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, [s. l.], v. 461, n. 3, p. 441–444, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.bbrc.2015.04.062>>

LIN, C.; LEE, C.; LUNG, C. Antioxidative Effect of Far-Infrared Radiation in Human. **Journal of Public Health Frontier**, [s. l.], v. 2, n. 2, p. 97–102, 2013.

LIN, S.-L.; CHOY, C.-S.; CHAN, W. P.; LEUNG, T.-K. Photoluminescence of Bioceramic Materials (PLB) as a Complementary and Alternative Therapy for Diabetes. **Journal of Diabetes & Metabolism**, [s. l.], v. 04, n. 10, 2013. Disponível em: <<http://www.omicsonline.org/photoluminescence-of-bioceramic-materials-plb-as-a-complementary-and-alternative-therapy-for-diabetes-2155-6156.1000321.php?aid=21523>>

LIU, C. W.; BRAMER, L.; WEBB-ROBERTSON, B. J.; WAUGH, K.; REWERS, M. J.;

ZHANG, Q. Temporal expression profiling of plasma proteins reveals oxidative stress in early stages of Type 1 Diabetes progression. **Journal of Proteomics**, [s. l.], v. 172, n. April 2017, p. 100–110, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jprot.2017.10.004>>

LOOK AHEAD RESEACH GROUP. Long-term Effects of a Lifestyle Intervention on Weight and Cardiovascular Risk Factors in Individuals With Type 2 Diabetes Mellitus. **Arch Intern Med**, [s. l.], v. 170, n. 17, p. 1566–1575, 2010.

LOTURCO, I.; ABAD, C. C. C.; NAKAMURA, F. Y.; RAMOS, S. P.; KOBAL, R.; GIL, S.; PEREIRA, L. A.; BURINI, F. H. P.; ROSCHEL, H.; UGRINOWITSCH, C.; TRICOLI, V. Effects of far infrared rays emitting clothing on recovery after an intense plyometric exercise bout applied to elite soccer players: a randomized double-blind placebo-controlled trial. **Biology of Sport**, [s. l.], v. 33, n. July, p. 277–283, 2016.

LUKÁCS, A. Effect of aerobic and anaerobic exercises on glycemic control in type 1 diabetic youths. **World Journal of Diabetes**, [s. l.], v. 6, n. 3, p. 534, 2015. Disponível em: <<http://www.wjgnet.com/1948-9358/full/v6/i3/534.htm>>

LUSHCHAK, V. I. Free radicals, reactive oxygen species, oxidative stress and its classification. **Chemico-Biological Interactions**, [s. l.], v. 224, p. 164–175, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cbi.2014.10.016>>

MARTYN-NEMETH, P.; DUFFECY, J.; FRITSCHI, C.; QUINN, L. Challenges Imposed By Hypoglycemia in Adults With Type 1 Diabetes. **Clinical Nursing Research**, [s. l.], 2018.

MCCALL, G. E.; BYRNES, W. C.; DICKINSON, A.; PATTANY, P. M.; FLECK, S. J. Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training. *J Appl Physiol*, [s. l.], v. 81, n. 5, p. 2004–2012, 1996.

MCCALL, W. V.; LETTON, A.; LUNDEEN, J.; CASE, D.; CIDRAL-FILHO, F. J. The effect of far-infrared emitting sheets on sleep. **Research Journal of Textile and Apparel**, [s. l.], p. RJTA-02-2018-0008, 2018. Disponível em: <<https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/RJTA-02-2018-0008>>

MITCHELL, F.; WILKIE, L.; ROBERTSON, K.; REILLY, J. J.; KIRK, A. Feasibility and pilot study of an intervention to support active lifestyles in youth with type 1 diabetes: The ActivPals study. **Pediatric Diabetes**, [s. l.], v. 19, n. 3, p. 443–449, 2018.

MOLANOURI SHAMSI, M.; HASSAN, Z. H.; GHARAKHANLOU, R.; QUINN, L. S.; AZADMANESH, K.; BAGHERSAD, L.; ISANEJAD, A.; MAHDAVI, M. Expression of interleukin-15 and inflammatory cytokines in skeletal muscles of STZ-induced diabetic rats: effect of resistance exercise training. **Endocrine**, [s. l.], v. 46, n. 1, p. 60–69, 2014.

MOSER, O.; TSCHAKERT, G.; MUELLER, A.; GROESCHL, W.; PIEBER, T. R.; KOEHLER, G.; ECKSTEIN, M. L.; BRACKEN, R. M.; HOFMANN, P. Atypical blood glucose response to continuous and interval exercise in a person with type 1 diabetes: A case report.

**Journal of Medical Case Reports**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 1–5, 2017.

MOTA, M. M.; SILVA, T. L. T. B. Da; FONTES, M. T.; BARRETO, A. S.; ARAÚJO, J. E. dos S.; OLIVEIRA, A. C. C. De; WICHI, R. B.; SANTOS, M. R. V. Resistance Exercise Restores Endothelial Function and Reduces Blood Pressure in Type 1 Diabetic Rats. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, [s. l.], p. 25–32, 2014. Disponível em: <<http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/abc.20140087>>

NÉDÉLEC, M.; MCCALL, A.; CARLING, C.; LEGALL, F.; BERTHOIN, S.; DUPONT, G. Recovery in soccer: Part II-recovery strategies. **Sports Medicine**, [s. l.], v. 43, n. 1, p. 9–22, 2013.

NETTO, A. P.; ANDRIOLO, A.; FILHO, F. F.; TAMBASCIA, M.; MELO, M.; SUMITA, N. M.; LYRA, R.; CAVALCANTI, S. Atualização sobre hemoglobina glicada ( HbA 1C ) para avaliação do controle glicêmico e para o diagnóstico do diabetes: aspectos clínicos e laboratoriais. **J Bras Patol Med Lab**, [s. l.], v. 45, n. 1, p. 31–48, 2009.

NUNES, R. F. H.; CIDRAL-FILHO, F. J.; FLORES, L. J. F.; NAKAMURA, F. Y.; RODRIGUEZ, H. F. M.; BOBINSKI, F.; DE SOUSA, A.; PETRONILHO, F.; DANIELSKI, L. G.; MARTINS, M. M.; MARTINS, D. F.; GUGLIELMO, L. G. A. Effects of Far-Infrared Emitting Ceramic Materials on Recovery During 2-Week Preseason of Elite Futsal Players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], n. August, p. 1, 2018. Disponível em: <<http://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-900000000-95196>>

PARK, J. H.; LEE, S.; CHO, D. H.; PARK, Y. M.; KANG, D. H.; JO, I. Far-infrared radiation acutely increases nitric oxide production by increasing Ca<sup>2+</sup> mobilization and Ca<sup>2+</sup>/calmodulin-dependent protein kinase II-mediated phosphorylation of endothelial nitric oxide synthase at serine 1179. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, [s. l.], v. 436, n. 4, p. 601–606, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.bbrc.2013.06.003>>

PARK, S.-Y.; KWAK, Y.-S. Impact of aerobic and anaerobic exercise training on oxidative stress and antioxidant defense in athletes. **Journal of Exercise Rehabilitation**, [s. l.], v. 12, n. 2, p. 113–118, 2016. Disponível em: <<http://e-jer.org/journal/view.php?number=2013600254>>

PASTRE, C. M.; BASTOS, F. no N.; NETTO JUNIOR, J.; VANDERLEI, L. C. M.; HOSHI, R. A. Métodos de Recuperação Pós-exercício: uma Revisão Sistemática. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 138–144, 2009.

PETERSEN, A. M. W.; PEDERSEN, B. K. The anti-inflammatory effect of exercise. **J Appl Physiol**, [s. l.], v. 98, p. 1154–1162, 2005. Disponível em: <<http://jap.physiology.org/content/98/4/1154.short>>

PIŁACIŃSKI, S.; ZOZULIŃSKA-ZIÓŁKIEWICZ, D. A. Influence of lifestyle on the



course of type 1 diabetes mellitus. **Archives of Medical Science**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 124–134, 2014.

PISOSCHI, A. M.; POP, A. The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review. **European Journal of Medicinal Chemistry**, [s. l.], v. 97, p. 55–74, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejmech.2015.04.040>>

PIVOVAROV, J. A.; TAPLIN, C. E.; RIDDELL, M. C. Current perspectives on physical activity and exercise for youth with diabetes. **Pediatric Diabetes**, [s. l.], v. 16, n. 4, p. 242–255, 2015.

QUIRK, H.; BLAKE, H.; TENNYSON, R.; RANDELL, T. L.; GLAZEBROOK, C. Physical activity interventions in children and young people with Type 1 diabetes mellitus: A systematic review with meta-analysis. **Diabetic Medicine**, [s. l.], v. 31, n. 10, p. 1163–1173, 2014.

RATAMESS, N. A.; ALVAR, B. A.; EVETECH, T. K.; HOUSH, T. J.; KIBLER, W. B.; KRAEMER, W. J.; TRIPLETT, T. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [s. l.], v. 41, n. 3, p. 687–708, 2009.

REDDY, R.; WITTENBERG, A.; CASTLE, J. R.; EL YOUSSEF, J.; WINTERS-STONE, K.; GILLINGHAM, M.; JACOBS, P. G. **Effect of Aerobic and Resistance Exercise on Glycemic Control in Adults with Type 1 Diabetes**. [s.l.] : Elsevier Inc., 2018. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S149926711830176X>>

REIS, J. S.; AMARAL, C. A. V.; VOLPE, C. M. O.; FERNANDES, J. S.; BORGES, E. A.; ISONI, C. A.; ANJOS, P. M. F. Dos; MACHADO, J. A. N. Oxidative stress and interleukin-6 secretion during the progression of type 1 diabetes. **Arquivos brasileiros de endocrinologia e metabologia**, [s. l.], v. 56, n. 7, p. 441–448, 2012. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23108749>>

REIS, J. S.; VELOSO, C. A.; MATTOS, R. T.; PURISH, S.; MACHADO, J. A. N.-. Estresse Oxidativo: Revisão da Sinalização Metabólica no Diabetes Tipo 1. **Arq Bras Endocrinol Metab**, [s. l.], v. 1, n. 4, p. 52–57, 2008. a.

REIS, J. S.; VELOSO, C. A.; MATTOS, R. T.; PURISH, S.; NOGUEIRA-MACHADO, J. A. Oxidative stress: a review on metabolic signaling in type 1 diabetes. **Arq Bras Endocrinol Metab**, [s. l.], v. 52, n. 7, p. 1096–105, 2008. b. Disponível em: <[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19082297%5Cnhttp://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0004-27302008000700005&script=sci\\_arttext](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19082297%5Cnhttp://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0004-27302008000700005&script=sci_arttext)>

RIDDELL, M. C.; GALLEN, I. W.; SMART, C. E.; TAPLIN, C. E.; ADOLFSSON, P.; LUMB, A. N.; KOWALSKI, A.; RABASA-LHORET, R.; MCCRIMMON, R. J.; HUME, C.; ANNAN, F.; FOURNIER, P. A.; GRAHAM, C.; BODE, B.; GALASSETTI, P.; JONES, T. W.;

MILLÁN, I. S.; HEISE, T.; PETERS, A. L.; PETZ, A.; LAFFEL, L. M. Exercise management in type 1 diabetes: a consensus statement. **The Lancet Diabetes and Endocrinology**, [s. l.], v. 5, n. 5, p. 377–390, 2017.

RODRIGUES, R.; ALVES DE MEDEIROS, L.; MOREIRA CUNHA, L.; DA SILVA GARROTE-FILHO, M.; BERNARDINO NETO, M.; TANNUS JORGE, P.; SANTOS RESENDE, E.; PENHA-SILVA, N. Correlations of the glycemic variability with oxidative stress and erythrocytes membrane stability in patients with type 1 diabetes under intensive treatment. **Diabetes Research and Clinical Practice**, [s. l.], v. 144, p. 153–160, 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168822717316108>>

RÖHLING, M.; HERDER, C.; RODEN, M.; STEMPER, T.; MÜSSIG, K. Effects of Long-Term Exercise Interventions on Glycaemic Control in Type 1 and Type 2 Diabetes: a Systematic Review. **Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes**, [s. l.], n. 124, p. 487–494, 2016. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27437921>>

ROSA, J. S.; OLIVER, S. R.; FLORES, R. L.; NGO, J.; MILNE, G. L.; ZALDIVAR, F. P.; GALASSETTI, P. R. Altered Inflammatory, Oxidative, and Metabolic Responses to Exercise in Pediatric Obesity and Type 1 Diabetes. **Pediatr Diabetes**, [s. l.], v. 12, n. 5, p. 464–472, 2011.

ROSAS, R. F.; EMER, A. A.; BATISTI, A. P.; LUDTKE, D. D.; LENFERS, B. T.; BOBINSKI, F.; CIDRAL-FILHO, F. J.; MARTINS, D. F. Far infrared-emitting ceramics decrease Freund's adjuvant-induced inflammatory hyperalgesia in mice through cytokine modulation and activation of peripheral inhibitory neuroreceptors. **Journal of Integrative Medicine**, [s. l.], 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2095496418300840>>

RUHA, A.; SALLINEN, S.; NISSILA, S. A real-time microprocessor QRS detector system with a 1-ms timing accuracy for the measurement of ambulatory HRV. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, v. 44, n. 3, p. 159-167, 1997.

SCHEFFER, D. L.; SILVA, L. A.; TROMM, C. B.; DA ROSA, G. L.; SILVEIRA, P. C. L.; DE SOUZA, C. T.; LATINI, A.; PINHO, R. A. Impact of different resistance training protocols on muscular oxidative stress parameters. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, [s. l.], v. 37, n. 6, p. 1239–1246, 2012. Disponível em: <<http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/h2012-115>>

SCHRAMM, J. M.; WARNER, D.; HARDESTY, R. a; OBERG, K. C. A unique combination of infrared and microwave radiation accelerates wound healing. **Plastic and reconstructive surgery**, [s. l.], v. 111, n. 1, p. 258–66, 2003. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12496587>>

SHAH, M. S.; BROWNLEE, M. Molecular and cellular mechanisms of cardiovascular disorders in diabetes. **Circulation Research**, [s. l.], v. 118, n. 11, p. 1808–1829, 2016.

SHIM, M. H.; PARK, C. H.; SHIM, H. S. Effect of Ceramics on the Physical and

Thermo-physiological Performance of Warm-up Suit. **Textile Research Journal**, [s. l.], v. 79, n. 17, p. 1557–1564, 2009. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-70350783945&partnerID=tZOtx3y1>>

SIES, H.; BERNDT, C.; JONES, D. p. Oxidative stress. **Annual Review of Biochemistry**, [s. l.], v. 86, n. 3, p. 715–748, 2017. Disponível em: <<https://www-annualreview-s-org.ez45.periodicos.capes.gov.br/doi/pdf/10.1146/annurev-biochem-061516-045037>>

SILVA, T. M. E.; MOREIRA, G. A.; QUADROS, A. A. J.; PRADELLA-HALLINAN, M.; TUFIK, S.; OLIVEIRA, A. S. B. Effects of the use of MIG3 bioceramics fabrics use–long infrared emitter–in pain, intolerance to cold and periodic limb movements in post-polio syndrome. **Arquivos de neuro-psiquiatria**, [s. l.], v. 67, n. 4, p. 1049–1053, 2009.

SIMMONS, K. M.; MICHELS, A. W. Type 1 diabetes: A predictable disease. **World journal of diabetes**, [s. l.], v. 6, n. 3, p. 380–90, 2015. Disponível em: <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4398895&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>>

SMITH, L. L. Cytokine hypothesis of overtraining: a physiological adaptation to excessive stress? **Medicine and science in sports and exercise**, [s. l.], v. 32, n. 2, p. 317–31, 2000. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10694113>>

SOUSA, A. C.; MARINHO, D. A.; GIL, M. H.; IZQUIERDO, M.; RODRIGUES-ROSSEL, D.; NEIVA, H. P.; MARQUES, M. C. Concurrent training followed by detraining: does the resistance training intensity matter? **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], v. 32, n. 3, p. 632–642, 2018.

STEINBACHER, P.; ECKL, P. Impact of oxidative stress on exercising skeletal muscle. **Biomolecules**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 356–377, 2015.

TARVAINEN, M. P. et al. Kubios HRV–heart rate variability analysis software. *Computer methods and programs in biomedicine*, v. 113, n. 1, p. 210-220, 2014.

TODO-BOM, A.; PINTO, A. M. Exercício físico – Resposta imunoinflamatória. **Revista Portuguesa de Imunoalergologia**, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 123–133, 2007.

TORRES, H. D. C.; SOUZA, E. R.; LIMA, M. H. M.; BODSTEIN, R. C. Intervenção educativa para o autocuidado de indivíduos com diabetes mellitus. **Acta Paul Enferm**, [s. l.], v. 24, n. 4, p. 514–519, 2011.

TURNER, D.; GRAY, B. J.; LUZIO, S.; DUNSEATH, G.; BAIN, S. C.; HANLEY, S.; RICHARDS, A.; RHYDDERCH, D. C.; AYLES, M.; KILDUFF, L. P.; CAMPBELL, M. D.; WEST, D. J.; BRACKEN, R. M. Similar magnitude of post-exercise hyperglycemia despite manipulating resistance exercise intensity in type 1 diabetes individuals. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, [s. l.], p. 404–412, 2015. a.

TURNER, D.; LUZIO, S.; GRAY, B. J.; DUNSEATH, G.; REES, E. D.; KILDUFF, L. P.; CAMPBELL, M. D.; WEST, D. J.; BAIN, S. C.; BRACKEN, R. M. Impact of single and

multiple sets of resistance exercise in type 1 diabetes. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, [s. l.], v. 25, n. 1, p. e99–e109, 2015. b. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24646137>>

TURNER, D.; LUZIO, S.; KILDUFF, L. P.; GRAY, B. J.; DUNSEATH, G.; BAIN, S. C.; CAMPBELL, M. D.; WEST, D. J.; BRACKEN, R. M. Reductions in resistance exercise-induced hyperglycaemic episodes are associated with circulating interleukin-6 in Type 1 diabetes. **Diabetic Medicine**, [s. l.], v. 31, n. 8, p. 1009–1013, 2014.

VATANSEVER, F.; HAMBLIN, M. R. Far infrared radiation (FIR): its biological effects and medical applications. **Photonics & lasers in medicine**, [s. l.], v. 1, n. 4, p. 255–266, 2012. Disponível em: <<http://europepmc.org/articles/PMC3699878/?report=abstract>>

YARDLEY, J. E.; HAY, J.; ABOU-SETTA, A. M.; MARKS, S. D.; MCGAVOCK, J. A systematic review and meta-analysis of exercise interventions in adults with type 1 diabetes. **Diabetes Research and Clinical Practice**, [s. l.], v. 106, n. 3, p. 393–400, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.diabres.2014.09.038>>

YARDLEY, J. E.; KENNY, G. P.; PERKINS, B. A.; RIDDELL, M. C.; BALAA, N.; MALCOLM, J.; BOULAY, P.; KHANDWALA, F.; SIGAL, R. J. Resistance Versus Aerobic Exercise Acute effects on glycemia in type 1 diabetes. **Diabetes Care**, [s. l.], v. 36, n. 3, p. 537–542, 2013.

YARDLEY, J. E.; KENNY, G. P.; PERKINS, B. A.; RIDDELL, M. C.; GOLDFIELD, G. S.; DONOVAN, L.; HADJIYANNAKIS, S.; WELLS, G. A.; PHILLIPS, P.; SIGAL, R. J. Resistance Exercise in Already-Active Diabetic Individuals (READI): Study rationale, design and methods for a randomized controlled trial of resistance and aerobic exercise in type 1 diabetes. **Contemporary Clinical Trials**, [s. l.], v. 41, p. 129–138, 2015.

YARDLEY, J. E.; SIGAL, R. J. Exercise strategies for hypoglycemia prevention in individuals with type 1 diabetes. **Diabetes Spectrum**, [s. l.], v. 28, n. 1, p. 32–38, 2015.

YORK, R. M. B.; GORDON, I. L. Effect of optically modified polyethylene terephthalate fiber socks on chronic foot pain. **BMC complementary and alternative medicine**, [s. l.], v. 9, p. 10, 2009. Disponível em: <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2680395&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>>

YU, S.-Y.; CHIU, J.-H.; YANG, S.-D.; HSU, Y.-C.; LUI, W.-Y.; WU, C.-W. Biological effect of far-infrared therapy on increasing skin microcirculation in Rats. **Photodermatology Photoimmunology & Photomedicine**, [s. l.], v. 22, p. 78–86, 2006.

ZALDIVAR, F.; WANG-RODRIGUEZ, J.; NEMET, D.; SCHWINDT, C.; GALASSETTI, P.; MILLS, P. J.; WILSON, L. D.; COOPER, D. M.; CONSTITUTIVE, D. M. C. Constitutive pro- and anti-inflammatory cytokine and growth factor response to exercise in leukocytes. **Journal of Appl Physiology**, [s. l.], v. 100, p. 1124–1133, 2006

## **Apêndices**

## APÊNDICE A – Temo de consentimento livre e esclarecido




---

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

---

#### Título do Projeto:

*Efeitos da Biocerâmica na Recuperação Muscular após Protocolo de Exercícios em Indivíduos com Diabetes Mellitus Tipo 1.*

#### Pesquisadores Responsáveis:

Lucielle Baumann Lorenzetti [luciellebaumann@gmail.com](mailto:luciellebaumann@gmail.com) – 45-9911-7775  
 Dr. Lucinar Jupir Fomer Flores [lucinar05@gmail.com](mailto:lucinar05@gmail.com)

Convidamos você a participar de nossa pesquisa, que tem o objetivo de avaliar o efeito do material de biocerâmica para melhorar a recuperação muscular após exercício físico. Esperamos, com este estudo, que o material de biocerâmica seja uma alternativa para diminuir a inflamação que acontece após a realização de exercício físico.

Para tanto, teremos um grupo de 30 voluntários portadores de diabetes mellitus tipo 1 (DM1) em boas condições físicas e aptos a realizarem exercícios físicos, que vão realizar um programa de exercícios físicos resistidos, três vezes por semana, durante 4 semanas. Será feita avaliação física, de marcadores fisiológicos de saúde como: variabilidade de frequência cardíaca, marcadores de inflamação, além de testes de desempenho físico antes, durante e depois das 4 semanas de treinamento físico. A análise dos marcadores de inflamação será realizada por testes bioquímicos, com coleta de sangue realizada por profissional competente.

Antes de começarem a realizar o treinamento, os voluntários serão divididos de forma aleatória em dois grupos. Um desses grupos fará, no final de cada sessão de treinamento, uso de uma vestimenta de biocerâmica pelo período do sono noturno. O outro grupo receberá um material placebo – material neutro, sem efeitos no paciente, semelhante a biocerâmica, para usar da mesma forma, ao final de cada sessão de treinamento pelo mesmo período. Cada participante terá 50% de chances de fazer parte de um grupo, ou de outro.

O treinamento físico das 4 semanas, três vezes por semana, será composto por 8 exercícios físicos resistidos com carga adequada a cada participante na academia AquaFit, em horários previamente determinados, com supervisão constante de profissional de Educação Física.

Os participantes serão aconselhados a manter o monitoramento da glicemia após o exercício, por haver risco de apresentarem hipoglicemia, e a manterem o acompanhamento médico com profissional disponível pelo SUS do município. Caso apresentem algum tipo de reação alérgica ao material biocerâmico, os pesquisadores encaminharão a atendimento necessário. No caso de ocorrerem complicações, ou acidentes físicos dentro da academia, o pesquisador acionará o SAMU do município e fará o acompanhamento e encaminhamento devido do participante.

Todos os participantes deste projeto de pesquisa terão como benefícios a prática orientada, supervisionada de atividade física por três meses. A atividade física é, para este grupo, considerada terapêutica. Após a realização do programa de treinamento físico proposto, com os dados coletados analisados, será apresentado à Secretaria de Saúde os resultados, para que o programa tenha possibilidade de ser ampliado a mais usuários do Sistema de Saúde. O uso do material de biocerâmica tem, na literatura mundial, diversos benefícios comprovados. Os participantes do grupo que receberão o material de biocerâmica para intervenção estarão, de forma gratuita, tendo acesso ao material e conseqüentemente de seus benefícios.

Haverá, por parte dos pesquisadores, comprometimento com a assistência integral e gratuita ao participante da pesquisa em caso de ocorrerem possíveis danos em decorrência do período de treinamento proposto pelo presente estudo, pelo tempo necessário. Na possibilidade de haver gasto extra que onere o participante do estudo, o mesmo será ressarcido pelos pesquisadores.

Sua identidade não será divulgada e seus dados serão tratados de maneira sigilosa, sendo utilizados apenas fins científicos. Você também não pagará nem receberá para participar do estudo. Além disso, você poderá cancelar sua participação na pesquisa a qualquer momento. Se, por alguma eventualidade, o estudo for descontinuado ou interrompido, os pesquisadores informarão aos participantes, bem como ao sistema CEP/CONEP. No caso de dúvidas ou da necessidade de relatar algum acontecimento, você pode contatar os pesquisadores pelos telefones mencionados acima ou o Comitê de Ética pelo número 3220-3092.

Este documento será assinado em duas vias, sendo uma delas entregue ao participante da pesquisa.

Declaro estar ciente do exposto e desejo participai do projeto de pesquisa.

\_\_\_\_\_

Eu, Lucielle Baumann Lorenzetti, declaro que forneci todas as informações do projeto ao participante e/ou responsável.

\_\_\_\_\_

Toledo \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

## APÊNDICE B – Ficha de coleta de dados

### FICHA DE AVALIAÇÃO

NOME: \_\_\_\_\_

D.N.: \_\_\_\_\_ TELEFONE: \_\_\_\_\_

TEMPO DE DM1: \_\_\_\_\_

MEDICAÇÃO: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

DATA DA AVALIAÇÃO:

Avaliação Antropométrica		
Massa Corporal:	Estatura:	IMC:

VFC em repouso

Teste de 1RM	
Agachamento:	Supino Reto:

PSE pós 1RM

CMJ	
SJ	

Análise de Citocinas	

Hemoglobina Glicada	

Avaliador:

\_\_\_\_\_



## APÊNDICE C – Termo de doação de materiais

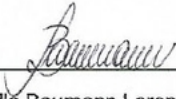
### Termo de Doação de Materiais

A Empresa RedWave Global, detentora da marca BioPower®, com endereço em 480 Johnson Road, Suite 220, em Washington, PA – Estados Unidos da América, representada pelo Dr. Francisco José Cidral Filho declara que fará a doação de vestimentas de Biocerâmica para a realização da pesquisa de Lucielle Baumann Lorenzetti, mestranda do programa de Saúde Pública em Região de Fronteira, sob orientação do Professor Dr. Lucinar Jupir Fomer Flores.

As vestimentas doadas serão novas, sem uso anterior, livres de quaisquer defeitos que possam inutiliza-las e livres de quaisquer ônus, e serão doravante de propriedade da pesquisadora.

Toledo, Paraná

10 de maio de 2017



Lucielle Baumann Lorenzetti

Mestranda do Programa de Saúde Pública em Região de Fronteira – UNIOESTE.



Prof. Dr. Lucinar Jupir Fomer Flores

UNIOESTE



Dr. Francisco José Cidral Filho, ND, PhD

Director of Research and Development – Red Wave Global®



## **Anexos**

## ANEXO A – Parecer consubstanciado do CEP



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Efeitos da Biocerâmica na Recuperação Muscular após Treinamento Físico em Indivíduos com Diabetes Mellitus Tipo 1

**Pesquisador:** LUCIELLE BAUMANN LORENZETTI

**Área Temática:**

**Versão:** 4

**CAAE:** 62502016.6.0000.0107

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANA

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 2.252.871

**Apresentação do Projeto:**

reapresentação

**Objetivo da Pesquisa:**

reapresentação

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

reapresentação

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

reapresentação

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Foram atendidas as solicitações e ficou claro a intenção da proponente ao sugerir a continuidade do acompanhamento médico dos participantes do estudo.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

reapresentação

**Considerações Finais a critério do CEP:**

**Endereço:** UNIVERSITARIA

**Bairro:** UNIVERSITARIO

**UF:** PR

**Município:** CASCAVEL

**Telefone:** (45)3220-3272

**CEP:** 85.819-110

**E-mail:** cep.prppg@unioeste.br

UNIOESTE - CENTRO DE  
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA  
SAÚDE DA UNIVERSIDADE



Continuação do Parecer: 2.252.871

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_820413.pdf	10/08/2017 20:11:24		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Pesquisa_4.docx	10/08/2017 20:10:12	Lucinar Jupir Fomer Flores	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Pesquisa.docx	10/08/2017 20:10:10	LUCIELLE BAUMANN LORENZETTI	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	10/08/2017 20:09:40	LUCIELLE BAUMANN LORENZETTI	Aceito
Cronograma	Cronograma_final.pdf	10/08/2017 20:08:34	Lucinar Jupir Fomer Flores	Aceito
Recurso Anexado pelo Pesquisador	Consideracao_acerca_do_Parecer_Consubstanciado_do_CEP_3.docx	10/08/2017 20:08:20	Lucinar Jupir Fomer Flores	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_novo.pdf	10/08/2017 20:06:45	Lucinar Jupir Fomer Flores	Aceito
Outros	Termo_de_Doacao_de_Materiais.pdf	11/05/2017 18:36:57	LUCIELLE BAUMANN	Aceito
Outros	Consideracoes_acerca_do_parecer_consubstanciado_do_CEP.docx	07/03/2017 22:53:31	LUCIELLE BAUMANN	Aceito
Outros	F_Coleta.docx	07/03/2017 22:51:28	LUCIELLE BAUMANN	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto.pdf	09/11/2016 11:30:55	LUCIELLE BAUMANN	Aceito
Declaração de Pesquisadores	ScanDadosArquivo.jpg	04/11/2016 22:41:51	LUCIELLE BAUMANN	Aceito
Declaração de Pesquisadores	ScanDeclaracao.jpg	04/11/2016 22:41:21	LUCIELLE BAUMANN	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	ScanAcademia.jpg	04/11/2016 22:40:59	LUCIELLE BAUMANN LORENZETTI	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	ScanSecSaude.jpg	04/11/2016 22:40:42	LUCIELLE BAUMANN LORENZETTI	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Endereço:** UNIVERSITARIA  
**Bairro:** UNIVERSITARIO **CEP:** 85.819-110  
**UF:** PR **Município:** CASCAVEL  
**Telefone:** (45)3220-3272 **E-mail:** cep.prppg@unioeste.br

UNIOESTE - CENTRO DE  
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA  
SAÚDE DA UNIVERSIDADE



Continuação do Parecer: 2.252.871

CASCADEL, 31 de Agosto de 2017

---

**Assinado por:**  
**Fausto José da Fonseca Zamboni**  
**(Coordenador)**

**Endereço:** UNIVERSITARIA  
**Bairro:** UNIVERSITARIO **CEP:** 85.819-110  
**UF:** PR **Município:** CASCADEL  
**Telefone:** (45)3220-3272 **E-mail:** cep.prppg@unioeste.br