

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE

EDHER LUCAS ANTUNES

EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE BICARBONATO DE SÓDIO NO DESEMPENHO  
FÍSICO E EM VARIÁVEIS CARDIOVASCULARES EM ADULTOS DE MEIA IDADE E  
IDOSOS COM *DIABETES MELLITUS* TIPO 2

PONTA GROSSA  
2024

EDHER LUCAS ANTUNES

EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE BICARBONATO DE SÓDIO NO DESEMPENHO  
FÍSICO E EM VARIÁVEIS CARDIOVASCULARES EM ADULTOS DE MEIA IDADE E  
IDOSOS COM *DIABETES MELLITUS* TIPO 2

Dissertação apresentada para obtenção do  
título de Mestre na Universidade Estadual de  
Ponta Grossa, do Programa de Pós-Graduação  
em Ciências da Saúde, área de concentração  
em investigação laboratorial, pré-clínica e  
clínica de doenças.

Orientador: Prof. Dr. Nilo Massaru Okuno.

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Vitor Farago.

PONTA GROSSA

2024

A636 Antunes, Edher Lucas  
Efeitos da suplementação de bicarbonato de sódio no desempenho físico e em variáveis cardiovasculares em adultos de meia idade e idosos com Diabetes Mellitus tipo 2 / Edher Lucas Antunes. Ponta Grossa, 2024.  
49 f.

Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde - Área de Concentração: Atenção Interdisciplinar em Saúde), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Nilo Massaru Okuno.

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Vitor Farago.

1. Exercício Físico. 2. Tampões. 3. Ergogênico. 4. Fadiga. I. Okuno, Nilo Massaru. II. Farago, Paulo Vitor. III. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Atenção Interdisciplinar em Saúde. IV.T.

CDD: 613.7

EDHER LUCAS ANTUNES

EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE BICARBONATO DE SÓDIO NO DESEMPENHO FÍSICO E EM VARIÁVEIS CARDIOVASCULARES EM ADULTOS DE MEIA IDADE E IDOSOS COM *DIABETES MELLITUS* TIPO 2

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre na Universidade Estadual de Ponta Grossa, do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, área de concentração em investigação laboratorial, pré-clínica e clínica de doenças.

Ponta Grossa, 30 de abril de 2024.



Prof. Dr. Nilo Massaru Okuno - Orientador – UEPG



Documento assinado digitalmente

DIONIZIA XAVIER SCOMPARIN

Data: 30/04/2024 16:19:05-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Dionizia Xavier Scomparin – UEPG



Profa. Dra. Patrícia Chimin Perandini – UEL

## **AGRADECIMENTOS**

Um agradecimento muito especial aos professores e mentores de todo o processo Prof. Nilo Okuno, ao Prof. Paulo Farago, à Prof. Jéssica Nadal, assim como aos meus parceiros de caminhada, Rafael Sochodolak e Maria Rios. Sem o apoio de todos vocês, nada disso seria possível.

Também desejo agradecer ao Grupo de Estudo sobre Respostas e Adaptações Fisiológicas ao Exercício (GERAFISIO) e ao Laboratório de Desenvolvimento de Medicamentos e Farmácia Industrial pelo suporte, conhecimento e pelas oportunidades oferecidas.

Aos membros da banca, agradeço imensamente pela disposição em participar deste momento. A experiência e o conhecimento de todos vocês serão essenciais e muito importantes para o nosso trabalho.

Por fim, quero expressar meus agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pelo apoio financeiro que foi essencial durante todo o estudo.

## RESUMO

A epidemia de diabetes mellitus (DM) representa uma ameaça à saúde em escala global. O exercício físico é reconhecido como um importante pilar não farmacológico na prevenção e tratamento do DM tipo 2 (DM2), proporcionando uma série de benefícios agudos e crônicos. No entanto, considerando as limitações impostas pela condição da doença, a utilização de recursos adicionais, como a suplementação com bicarbonato de sódio (BS), pode ser uma estratégia para melhorar o desempenho físico em protocolos de alta intensidade, os quais, por sua vez, têm demonstrado inúmeros benefícios em indivíduos com DM2. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi analisar o desempenho físico, glicemia e parâmetros cardiovasculares após a suplementação aguda de BS em adultos de meia idade e idosos com DM2. A amostra foi composta por 13 indivíduos (idade:  $62,15 \pm 6,90$  anos; IMC:  $29,14 \pm 4,49$  kg/m<sup>2</sup>) com tempo médio de doença de  $5,03 \pm 6,64$  anos. O teste incremental máximo (TIM) foi realizado na presença de BS ou placebo, que foi administrado 60 minutos antes das sessões experimentais. Além disso, houve monitoramento pré e pós-teste da pressão arterial (PA), frequência cardíaca (FC) e glicemia capilar. O estudo revelou diferenças estatisticamente significativas no TIM na condição BS em relação ao placebo (BS:  $481 \pm 116$  segundos e placebo:  $439 \pm 99$  segundos,  $p = 0,005$ ) e nos níveis de glicemia em ambas as condições pré e pós-teste ( $p = 0,0001$ ). Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre as condições ou ao longo do tempo na variável de PA, reserva cronotrópica e FC pico e de recuperação ( $p > 0,05$ ). Embora não tenham sido identificadas diferenças significativas nas variáveis cardiovasculares entre as condições avaliadas, houve um aumento significativo no tempo de teste na condição de suplementação de BS, juntamente com uma redução da glicemia capilar em ambas as condições. Esses resultados sugerem que a suplementação de BS pode ser segura e eficaz para pessoas com DM2, proporcionando benefícios adicionais ao desempenho físico considerando o aumento do tempo de teste e a redução da fadiga.

**Palavras-chave:** exercício físico, tampões, ergogênico, fadiga.

## ABSTRACT

The epidemic of diabetes mellitus (DM) represents a threat to health on a global scale. Physical exercise is recognized as an important non-pharmacological pillar in the prevention and treatment of type 2 DM (T2DM), providing a series of acute and chronic benefits. However, considering the limitations imposed by the disease condition, the use of additional resources, such as supplementation with sodium bicarbonate (SB), may be a strategy to improve physical performance in high-intensity protocols, which, in turn, have shown numerous benefits in individuals with T2DM. Therefore, the aim of this study was to analyze physical performance, blood glucose, and cardiovascular parameters after acute SB supplementation in middle-aged and elderly adults with T2DM. The sample consisted of 13 individuals (age:  $62.15 \pm 6.90$  years; BMI:  $29.14 \pm 4.49$  kg/m<sup>2</sup>) with a mean disease duration of  $5.03 \pm 6.64$  years. The maximal incremental test (MIT) was performed in the presence of SB or placebo, which was administered 60 minutes before the experimental sessions. Additionally, there was pre- and post-test monitoring of blood pressure (BP), heart rate (HR), and capillary blood glucose. The study revealed statistically significant differences in MIT in the SB condition compared to placebo (SB:  $481 \pm 116$  seconds and placebo:  $439 \pm 99$  seconds,  $p = 0.005$ ) and in blood glucose levels in both pre- and post-test conditions ( $p = 0.0001$ ). No statistically significant differences were found between conditions or over time in the BP, chronotropic reserve, and peak and recovery HR variables ( $p > 0.05$ ). Although no significant differences were identified in the cardiovascular variables between the evaluated conditions, there was a significant increase in test time in the SB supplementation condition, along with a reduction in capillary blood glucose in both conditions. These results suggest that SB supplementation may be safe and effective for people with T2DM, providing additional benefits to physical performance considering the test time increase and the fatigue reduction.

**Keywords:** physical exercise, buffers, ergogenic, fatigue.

## **LISTA DE FIGURAS**

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 1 – Desenho experimental do estudo .....                                                          | 24 |
| FIGURA 2 – Resultados dos valores de tempo de teste no teste incremental máximo entre as condições ..... | 30 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TABELA 1 – Características antropométricas, composição corporal, anos de diagnóstico da doença e comorbidades.....                                                         | 28 |
| TABELA 2 – Resultados dos valores de reserva cronotrópica, tempo de teste e desconforto gastrointestinal entre as condições .....                                          | 29 |
| TABELA 3 – Resultados das variáveis de monitoramento de valores de pressão arterial e glicemia capilar pré e pós-teste nas condições de suplementação ativa e placebo..... | 31 |
| TABELA 4 – Resultados da FC pico e de recuperação em 30, 60, 90 e 120 segundos após o fim do teste incremental máximo entre as condições.....                              | 32 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|                |                                            |
|----------------|--------------------------------------------|
| ADA            | <i>American Diabetes Association</i>       |
| ATP            | adenosina trifosfato                       |
| BS             | bicarbonato de sódio                       |
| DM             | diabetes mellitus                          |
| DM             | diabetes mellitus                          |
| DM2            | diabetes mellitus tipo 2                   |
| CAD            | cetoacidose diabética                      |
| FC             | frequência cardíaca                        |
| GLUT4          | transportador de glicose tipo 4            |
| H <sup>+</sup> | íons de hidrogênio                         |
| HbA1c          | hemoglobina glicada                        |
| HIIT           | exercício intervalado de alta intensidade  |
| IC             | incompetência cronotrópica                 |
| IDF            | <i>International Diabetes Federation</i>   |
| IMC            | índice de massa corporal                   |
| IRC            | índice de resposta cronotrópica            |
| MCT1           | transportadores de monocarboxilato 1       |
| MCT4           | transportadores de monocarboxilato 4       |
| MICT           | exercício contínuo de intensidade moderada |
| OMS            | Organização Mundial de Saúde               |
| PAD            | pressão arterial diastólica                |
| PAS            | pressão arterial sistólica                 |
| PM             | potência máxima                            |
| RC             | reserva cronotrópica                       |
| TCLE           | termo de consentimento livre e esclarecido |

## SUMÁRIO

|                                                                |           |
|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                      | <b>11</b> |
| <b>2 OBJETIVOS .....</b>                                       | <b>13</b> |
| 2.1 OBJETIVOS GERAIS .....                                     | 13        |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                                | 13        |
| <b>3 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>                            | <b>14</b> |
| 3.1 DIABETES MELLITUS .....                                    | 14        |
| 3.1.1 Epidemiologia.....                                       | 15        |
| 3.1.2 Diagnóstico.....                                         | 15        |
| 3.1.3 Fatores de Risco .....                                   | 15        |
| 3.2 OS EFEITOS DO EXERCÍCIO FÍSICO NO DM2 .....                | 16        |
| 3.3 PARÂMETROS CARDIOVASCULARES.....                           | 17        |
| 3.3.1 Incompetência Cronotrópica .....                         | 18        |
| 3.3.2 Recuperação da Frequência Cardíaca.....                  | 19        |
| 3.4 SUPLEMENTAÇÃO COM BICARBONATO DE SÓDIO.....                | 20        |
| 3.4.1 Dosagem.....                                             | 22        |
| <b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                              | <b>23</b> |
| 4.1 SUJEITOS .....                                             | 23        |
| 4.2 DESENHO EXPERIMENTAL .....                                 | 23        |
| 4.3 DOSAGEM DE GLICOSE .....                                   | 24        |
| 4.4 SUPLEMENTAÇÃO COM BICARBONATO DE SÓDIO E PLACEBO .....     | 24        |
| 4.5 COMPOSIÇÃO DA SUPLEMENTAÇÃO .....                          | 25        |
| 4.6 ANTROPOMETRIA, PRESSÃO ARTERIAL E COMPOSIÇÃO CORPORAL..... | 25        |
| 4.7 TESTE INCREMENTAL MÁXIMO .....                             | 26        |
| 4.8 RESPOSTA DA FREQUÊNCIA CARDÍACA .....                      | 26        |
| 4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....                                   | 27        |
| <b>5 RESULTADOS .....</b>                                      | <b>28</b> |

|                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>6 DISCUSSÃO .....</b>                                            | <b>33</b> |
| 6.1 ANÁLISE DO DESEMPENHO FÍSICO.....                               | 33        |
| 6.2 O EXERCÍCIO FÍSICO DE ALTA INTENSIDADE.....                     | 35        |
| 6.3 GLICEMIA.....                                                   | 36        |
| 6.4 PARÂMETROS CARDIOVASCULARES.....                                | 36        |
| 6.4.1 Incompetência Cronotrópica .....                              | 36        |
| 6.4.2 Recuperação da Frequência Cardíaca.....                       | 37        |
| 6.5 LIMITAÇÕES .....                                                | 39        |
| <b>7 CONCLUSÃO.....</b>                                             | <b>40</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                            | <b>41</b> |
| <b>APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....</b> | <b>47</b> |
| <b>APÊNDICE B - FICHA DE MONITORAMENTO DO TESTE INCREMENTAL</b>     |           |
| <b>MÁXIMO .....</b>                                                 | <b>48</b> |
| <b>ANEXO A - ESCALA DE BORG .....</b>                               | <b>49</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A epidemia de diabetes mellitus (DM) representa uma ameaça à saúde em escala global. Estimativas apontam que mais de 537 milhões de indivíduos em todo o mundo já receberam o diagnóstico da doença, e esse número pode aumentar para 783 milhões até o ano de 2045 (IDF, 2021). Conforme dados do Ministério da Saúde (2020), o Brasil ocupa a quarta posição entre os países com o maior número de pessoas afetadas pelo DM, contando com cerca de 15,7 milhões de pessoas, o que representa aproximadamente 7,4% da população nacional.

O DM é uma condição metabólica caracterizada por distúrbios na ação e regulação da insulina. O DM tipo 2 (DM2), que corresponde a aproximadamente 90% a 95% dos casos, é o resultado de uma combinação de perda gradual e persistente na secreção, juntamente com resistência à insulina, e afeta principalmente indivíduos de meia-idade e idosos (Kanaley et al., 2022).

Essas condições podem resultar em alterações substanciais no sistema nervoso central, como a incompetência cronotrópica (IC) e uma recuperação mais lenta da frequência cardíaca após o exercício (Keytsman; Dendale; Hansen, 2015; Zafrir et al., 2016; Yu; Lee, 2021). Dado que o sistema nervoso autônomo desempenha um papel fundamental na recuperação da frequência cardíaca (FC) após o exercício, um atraso nessa resposta pode indicar disfunção autonômica, que, por sua vez, pode ser um preditor do desenvolvimento e progressão da doença (Tabachnikov et al., 2020; Yu; Lee, 2021). A IC tem origem multifatorial, mas a adoção de um estilo de vida ativo tem sido sugerida como uma abordagem segura e eficaz para prevenir ou reduzir alterações na insulina e na neuropatia autonômica cardíaca em indivíduos com DM2 (Lanthers et al., 2017; Nery et al., 2017; ADA, 2022; Pereira et al., 2023), resultando em melhorias significativas na qualidade de vida.

Além de alterações cardiovasculares, indivíduos com DM2 podem experimentar desequilíbrios ácido-base. A cetoacidose diabética (CAD), caracterizada por hiperglicemia, acidose metabólica e cetose, é uma emergência clínica prevalente no DM1, mas também possível em DM2 mal controlada (Dhatariya et al., 2020). Nesse contexto, o exercício físico regular desempenha um papel crucial na melhoria das condições de risco associadas a desequilíbrios ácido-base em pessoas com DM2 (Pereira et al., 2023). É importante destacar que tanto a suplementação aguda quanto crônica de bicarbonato de sódio (BS) não apresentam efeitos substanciais nos parâmetros da CAD. No entanto, observa-se que a suplementação pode

contribuir para um aumento no desempenho físico, proporcionando benefícios adicionais ao exercício (Dhatariya et al., 2020; Pereira et al., 2023), e por sua vez, melhorar a qualidade de vida nessa população.

O exercício físico é reconhecido como um importante pilar não farmacológico na prevenção e tratamento do DM2 (Pedersen; Saltin, 2015; Janssen; Connelly, 2021). Ele proporciona uma série de benefícios agudos e crônicos, tais como a melhoria dos parâmetros metabólicos afetados pela doença, o aprimoramento das capacidades físicas e a promoção da saúde cardiovascular (Gutch et al., 2015; Pan et al., 2018). No entanto, considerando as limitações impostas pela condição da doença, como por exemplo a fadiga muscular, a utilização de recursos adicionais, como a suplementação com BS, pode ser uma estratégia para melhorar o desempenho físico.

Existem evidências consistentes que respaldam os benefícios do BS no desempenho físico, resultantes de seus efeitos retardantes da fadiga muscular, através de mecanismos de tamponamento físico-químico (Heibel et al., 2018; Maughan et al., 2018; Grgic et al., 2020). O tamponamento extracelular é reconhecido como o principal mecanismo pelo qual o BS exerce sua influência no desempenho físico, particularmente durante atividades de alta intensidade, e é essencial para evitar o acúmulo de íons de hidrogênio ( $H^+$ ) e, conseqüentemente, reduzir a acidose metabólica, que é um dos principais fatores que contribuem para a fadiga muscular (Heibel et al., 2018; Calvo et al., 2021).

Estudos em indivíduos saudáveis revelaram que a suplementação com BS promove efeitos positivos no desempenho físico (Grgic et al., 2021), particularmente em protocolos de treinamento de alta intensidade, os quais, por sua vez, têm demonstrado benefícios em indivíduos com DM2 (Støa et al., 2017; Hwang et al., 2019). Embora estudos anteriores tenham observado melhoria do desempenho em outras populações, não há dados sobre a suplementação no desempenho físico em indivíduos com DM2. Deste modo, a hipótese da presente pesquisa foi observar melhoria no desempenho físico e dos parâmetros bioquímicos e cardiovasculares após a suplementação de BS em adultos de meia idade e idosos com DM2.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

- Analisar os efeitos da suplementação com BS no desempenho físico no teste incremental máximo em adultos de meia idade e idosos diagnosticados com DM2.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Investigar as alterações na glicemia em repouso e após o protocolo de suplementação e dos testes físicos.
- Comparar os parâmetros cardiovasculares de RC e FC pico e de recuperação após o protocolo de suplementação e dos testes físicos.
- Avaliar os efeitos colaterais após o protocolo de suplementação e dos testes físicos.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 DIABETES MELLITUS

O DM é uma doença metabólica caracterizada por alterações na ação e secreção da insulina, com os principais tipos sendo o tipo 1 e o tipo 2. O DM tipo 1 (DM1), que corresponde de 5% a 10% dos casos, resulta da destruição autoimune das células  $\beta$  do pâncreas, levando à deficiência de insulina (Colberg et al., 2016; IDF, 2021). O DM1 é comumente diagnosticado em jovens, incluindo crianças, adolescentes e ocasionalmente adultos jovens. Pode ser subdividido em duas categorias distintas, conhecidas como DM tipo 1A e DM tipo 1B, com base na presença ou ausência de anticorpos circulantes, como evidenciado por testes laboratoriais (ADA, 2022).

O DM2, que corresponde de 90% a 95% dos casos, resulta em uma perda progressiva na secreção de insulina, acompanhada de resistência à insulina, que pode ser definida como diminuição da sensibilidade e capacidade de resposta à absorção de glicose mediada por insulina e inibição da produção hepática de glicose (Gutch et al., 2015), sendo a hiperglicemia a principal característica dessa condição. A hiperglicemia grave pode se manifestar com sintomas clássicos, como poliúria (aumento da produção de urina), polidipsia (aumento da sede), fadiga, perda de peso, distúrbios visuais e maior susceptibilidade a infecções, podendo até evoluir para cetoacidose ou síndrome hiperosmolar não cetótica, condições que podem levar a incapacidade e mortalidade (Forti et al., 2020; Harreiter; Roden, 2023). Além disso, a hiperglicemia crônica causa distúrbios na secreção e/ou ação da insulina, levando a danos a longo prazo e disfunções em diversos tecidos e órgãos, como olhos, rins, nervos, coração e vasos sanguíneos, aumentando também o risco de diferentes tipos de câncer (Forti et al., 2020; Harreiter; Roden, 2023).

Embora as causas do DM2 ainda não sejam completamente compreendidas, estudos estabeleceram ligações entre deficiências nas principais funções reguladoras da glicose e o desenvolvimento da doença. Essas deficiências incluem: (1) Capacidade prejudicada de inibir a produção hepática de glicose por meio da ação da insulina; (2) Diminuição na capacidade de captação de glicose estimulada pela insulina nos tecidos adiposos; (3) Redução na liberação de insulina pelo pâncreas; (4) Diminuição na capacidade de captação de glicose estimulada pela insulina nos músculos esqueléticos (Evans et al., 2019).

### 3.1.1 Epidemiologia

O DM representa um desafio significativo para a saúde pública em escala global, com um custo total de controle e tratamento estimado em US\$966 bilhões nos últimos 15 anos (IDF, 2021). O DM ocupa a quarta posição entre as condições que mais causam mortalidade em todo o mundo (Dodgson; Drager, 2019). O Brasil é o quarto país com o maior número de pessoas diagnosticadas com DM2 no mundo, e as projeções indicam um aumento de 26% até 2045, totalizando cerca de 20,3 milhões de pessoas com DM2 nesse período (IDF, 2017). Esses números destacam a importância de estratégias eficazes para prevenção, diagnóstico e controle do DM no cenário de saúde pública, considerando sua prevalência maior em pessoas do sexo masculino, maior suscetibilidade em etnia asiática e predominância na população urbana (IDF, 2021; ADA, 2022).

### 3.1.2 Diagnóstico

O diagnóstico pode ser feito por meio de diferentes testes. A glicemia de jejum (*Fasting Plasma Glucose* - FPG) avalia os níveis de glicose no sangue após um período de pelo menos 8 horas em jejum, enquanto o Teste Oral de Tolerância à Glicose (*Oral Glucose Tolerance Test* - OGTT) monitora os níveis ao longo do tempo após a ingestão de uma quantidade específica de glicose. Além disso, a hemoglobina glicada (HbA1c) é uma medida da glicose média nos últimos dois a três meses (IDF, 2021)

O diagnóstico laboratorial do DM2 é confirmado por meio de exames bioquímicos, considerando uma concentração de glicose plasmática de após 2 horas do OGTT igual ou superior a 200 mg/dL ou 11,1 mmol/L. Em assintomáticos, a confirmação pode ser obtida com base na glicemia plasmática em jejum, considerada alta quando a concentração é igual ou superior 126 mg/dL ou 7,0 mmol/L (ou 6,1 mmol/L no sangue total), ou quando o valor de HbA1c é igual ou superior a 6,5% ou 48 mmol/mol (IDF, 2021). Esses critérios são fundamentais para um diagnóstico preciso e apropriado do DM2.

### 3.1.3 Fatores de Risco

Estima-se que aproximadamente 80% a 90% dos casos de DM2 estejam associados a fatores de risco bem estabelecidos, incluindo, mas não se limitando à idade avançada,

obesidade, estilo de vida sedentário e condições relacionadas à síndrome metabólica, como hipertensão arterial sistêmica e dislipidemia (Colberg et al., 2016; IDF, 2021). Para gerenciar e tratar uma condição que se tornou uma das principais causas de incapacidade e mortalidade no mundo, as abordagens precisam ser eficazes, sustentáveis, escaláveis e acessíveis. Nesse sentido, o exercício físico pode ser considerado um pilar não farmacológico na prevenção e tratamento do DM2 (Pedersen; Saltin, 2015; Janssen; Connelly, 2021), proporcionando uma série de benefícios agudos e crônicos, como a redução das alterações nos parâmetros metabólicos resultantes da doença e a melhoria das capacidades físicas (Gutch et al., 2015; Pan et al., 2018).

### 3.2 OS EFEITOS DO EXERCÍCIO FÍSICO NO DM2

Na última década, diversos estudos voltados para pacientes que sofrem de doenças cardiometabólicas têm fornecido evidências que sustentam a ideia de que o treinamento de alta intensidade proporciona benefícios comparáveis à aptidão cardiorrespiratória quando comparado ao treinamento tradicional (ADA, 2022). Além disso, o treinamento de alta intensidade tem a vantagem de exigir um tempo reduzido por sessão, o que pode promover maior adesão do sujeito para o treinamento físico.

Diversas pesquisas têm demonstrado que a adesão a um programa de exercícios físicos pode resultar em melhorias nos parâmetros da DM2. Níveis elevados de HbA1c são indicativos de complicações vasculares, e evidências científicas sustentam que o treinamento regular, seja isoladamente ou combinado com intervenções relacionadas ao estilo de vida, pode levar a reduções significativas nos níveis de HbA1c (Støa et al., 2017). A meta-análise conduzida por Boulé et al. (2003), que analisou nove estudos com a participação de 266 adultos diagnosticados com DM2, demonstrou que aqueles submetidos a 20 semanas de treinamento aeróbio, com intensidade variando de 50% a 75% do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ), apresentaram melhorias significativas na aptidão cardiorrespiratória e na HbA1c, especialmente nos exercícios de maior intensidade ( $r = -0,91$ ,  $p = 0,002$ ) em comparação ao maior volume de exercício ( $r = -0,46$ ,  $p = 0,26$ ).

O exercício físico desempenha um papel crucial na captação de glicose pelo músculo esquelético, envolvendo mecanismos que abrangem tanto a ação da insulina quanto processos independentes dela, e pode aumentar em até 100 vezes durante o exercício intenso (Richter;

Sylow; Hargreaves, 2021). No mecanismo independente da insulina, o transportador de glicose tipo 4 (GLUT4) possibilita a entrada de glicose nas células musculares, aproveitando o gradiente de concentração de glicose do espaço intersticial para o citoplasma celular (Richter; Sylow; Hargreaves, 2021). A quantidade de proteína GLUT4 presente no músculo esquelético está diretamente relacionada à capacidade de transporte de glicose (Flores-Opazo et al., 2020), com um aumento notável em resposta ao exercício regular (Burgomaster et al., 2007; Richter; Sylow; Hargreaves, 2021). Durante a prática de exercícios, ocorre a translocação do GLUT4 das reservas intracelulares para a membrana celular, o que é essencial para aumentar a captação de glicose pelo músculo esquelético durante o exercício (Richter; Sylow; Hargreaves, 2021). Além disso, após o exercício, observa-se um aumento na sensibilidade à insulina e na captação de glicose pelo músculo, mesmo na ausência de insulina (Holloszy, 2005; Richter; Sylow; Hargreaves, 2021).

O treinamento de alta intensidade tem se mostrado seguro e viável em várias condições de saúde, incluindo o DM2. O treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) é um método de treinamento que envolve comumente exercícios aeróbios, adequados para atividades como corrida, ciclismo, natação, remo, dança, entre outras. A intensidade varia de 60% a 90% da reserva de consumo de oxigênio ou da frequência cardíaca, e com a avaliação subjetiva do esforço avaliada por meio da escala de Borg (1982), com valores referenciais entre 14 e 17 pontos. Recomenda-se que o HIIT seja praticado não mais do que em dois dias consecutivos, com um mínimo de 75 a 150 minutos por semana (Kanaley et al., 2022). A progressão da intensidade e do volume deve ser gradual, considerando a condição física e clínica atual. O HIIT tem recebido atenção devido à sua eficiência em termos de tempo e em promover ajustes fisiológicos e metabólicos semelhantes ou até mesmo superiores em comparação com o exercício aeróbico de intensidade moderada (Hwang et al., 2019). No entanto, antes de prescrever protocolos de alta intensidade associados ao uso de recursos ergogênicos, é crucial avaliar a viabilidade e segurança da sua aplicação em contextos clínicos diversos, incluindo indivíduos com DM2.

### 3.3 PARÂMETROS CARDIOVASCULARES

O DM é uma condição de risco significativo para uma variedade de condições clínicas, incluindo disfunção no sistema nervoso autônomo cardíaco (IDF, 2021; ADA, 2022). Essa

condição pode resultar em alterações substanciais nos parâmetros da FC. No entanto, é possível avaliar essas alterações de maneira simples, segura e não invasiva por meio da IC e da FC de recuperação (Kanaley et al., 2022; Costa et al., 2020). A análise da FC fornece resultados valiosos sobre a saúde cardiovascular em indivíduos com DM, permitindo uma abordagem preventiva e criteriosa no gerenciamento dos riscos associados. Além disso, os efeitos ergogênicos da suplementação de BS na melhoria do desempenho físico podem melhorar os parâmetros cardiovasculares no exercício.

### 3.3.1 Incompetência Cronotrópica

A IC é uma condição caracterizada pela incapacidade do coração de aumentar sua frequência cardíaca de forma proporcional ao aumento da atividade física ou da demanda metabólica. Essa condição é comumente observada em indivíduos com diferentes condições clínicas, incluindo o DM2, e está associada à intolerância ao exercício (Keytsman; Dendale; Hansen, 2015). A IC pode ser diagnosticada por meio de um teste de esforço incremental máximo, que utiliza diversos protocolos de avaliação nos quais o indivíduo é submetido a um esforço físico progressivo, monitorando-se sua frequência cardíaca. O critério amplamente aceito para o diagnóstico de IC é quando a frequência cardíaca não atinge 80 a 85% da frequência cardíaca máxima prevista durante o teste de esforço (Zafrir et al., 2016). Na IC, o aumento do débito cardíaco não acompanha adequadamente o esforço exercido. Nesse contexto, a prática regular de exercícios desempenha um papel fundamental na melhoria dessa condição, favorecendo adaptações que otimizam a capacidade de resposta cardiovascular aos estímulos do exercício (Zafrir et al., 2016; Na et al., 2022).

Embora os mecanismos subjacentes da IC no DM2 ainda não estejam completamente compreendidos, é comum observar respostas alteradas da FC durante o exercício nessa população (Keytsman; Dendale; Hansen, 2015). Contudo, é importante destacar que o DM2 está associado a diversas condições clínicas que podem contribuir para o desenvolvimento da IC. Essas condições incluem a presença de níveis anormais de catecolaminas e potássio durante o exercício, alterações na estrutura do músculo cardíaco, modificações nos ventrículos cardíacos, rigidez arterial e redução na sensibilidade do sistema barorreflexo, além de neuropatia autonômica cardíaca (Keytsman; Dendale; Hansen, 2015; Zafrir et al., 2016). Esses fatores podem contribuir independentemente para o quadro de IC no contexto clínico do DM2.

Estudos indicam que indivíduos com IC apresentam um risco cerca de 2,5 vezes maior de mortalidade e uma maior necessidade de intervenções cardíacas, como transplantes e o uso de dispositivos de assistência ventricular (Keytsman; Dendale; Hansen, 2015). Portanto, a avaliação da IC em indivíduos com DM2 é de suma importância. Nesse contexto, o exercício físico é reconhecido como uma intervenção não farmacológica segura e eficaz, podendo prevenir e atenuar a IC em indivíduos com essa condição.

O impacto do treinamento físico na resposta cronotrópica ao exercício tem sido estudado em várias populações, embora raramente em indivíduos com DM2. Brubaker et al. (2011) investigaram os efeitos da adesão a um programa de treinamento físico em pacientes com insuficiência cardíaca e observaram aumentos na FC máxima atingida durante o teste de esforço, bem como no  $VO_{2máx}$  e débito cardíaco. Essas melhorias na resposta cronotrópica, refletidas pela redução da FC em repouso, FC submáxima durante o exercício e recuperação mais rápida da FC pós-exercício, parecem ser influenciadas pelo equilíbrio entre os sistemas simpático e parassimpático em repouso e durante o exercício. Apesar desses resultados promissores, é necessário conduzir mais pesquisas para um entendimento mais aprofundado do impacto do treinamento físico nas respostas cronotrópicas ao exercício em pacientes com DM2. Além disso, é fundamental explorar como diferentes modalidades de treinamento, como variações na intensidade, duração, volume e tipo de exercício, podem influenciar essas respostas em indivíduos com DM2.

### 3.3.2 Recuperação da Frequência Cardíaca

O DM representa um significativo fator de risco para complicações micro e macrovasculares, frequentemente subestimadas, mas que estão altamente associadas ao risco de morbidade e mortalidade cardiovascular (Zafrir et al., 2015). Em suas fases subclínicas e iniciais, o DM pode manifestar-se por uma alteração autonômica cardíaca, comprometendo, dentre eles, os parâmetros da FC. Nesse sentido, a FC de recuperação é uma medida essencial da atividade autonômica cardíaca, amplamente adotada devido a sua segurança e confiabilidade (Costa et al., 2020). Durante o esforço físico, ocorre um aumento da FC devido à diminuição progressiva da modulação vagal e aumento da atuação simpática. Após o término, a recuperação inclui uma retomada vagal seguida por uma redução gradual da atividade simpática, refletindo na diminuição da FC (Peçanha et al., 2017). Uma recuperação mais lenta está associada a um

maior risco de desequilíbrio autonômico cardíaco (Tabachnikov et al., 2020), conferindo à análise da FC de recuperação após o exercício um valor prognóstico significativo.

Respostas alteradas da FC durante o esforço indicam risco aumentado de morbidade tanto em populações saudáveis ou em condições clínicas, como doenças cardiovasculares e disfunções metabólicas (Kurl et al., 2021). A avaliação da FC de recuperação é fundamental para entender a atividade autonômica cardíaca pós-esforço, sendo também um indicador preditivo de mortalidade em várias populações, especialmente em condições de risco, como idade avançada e disfunções cardiovasculares (Tabachnikov et al., 2020; Kurl et al., 2021).

Estudos destacam a associação entre a FC de recuperação e risco de eventos cardiovasculares diversos, como demonstrado por Kurl et al. (2021) em uma avaliação de 1.967 homens ao longo de 25 anos, onde o terço inferior da reserva de FC e a recuperação da FC estavam significativamente relacionados ao aumento de morte súbita cardíaca (MSC). Cada acréscimo de 1 bpm na FC reduziu a incidência de MSC em 1 a 2%. A metanálise de Anderson et al. (2016), envolvendo 63 estudos e 14.486 participantes com acompanhamento médio de 12 meses, revelou uma redução de aproximadamente 26% na mortalidade cardíaca após um programa de exercícios físicos. Nesse sentido a avaliação da FC de recuperação é essencial da atividade autonômica cardíaca após um teste de esforço, sendo também um fator de predição de mortalidade em várias populações.

### 3.4 SUPLEMENTAÇÃO COM BICARBONATO DE SÓDIO

Segundo a *International Society of Sports Nutrition* (ISSN), o BS é considerado um suplemento alimentar seguro e eficiente, com fortes níveis de evidência, com estudos explorando seus efeitos no desempenho do exercício em diferentes modalidades de treinamento desde a década de 1930 (Kerksick et al., 2018; Maughan et al., 2018), e têm sido estudado de forma crescente desde então, tendo em vista os seus efeitos amplamente reconhecidos na literatura científica.

O BS se dissolve facilmente em água, separando-se imediatamente em seus íons constituintes, sódio ( $\text{Na}^+$ ) e bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), quando em contato com soluções aquosas, incluindo o ácido estomacal. Isso ocorre de acordo com a reação:

1.  $\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{Na}^+$
2.  $\text{HCl} + \text{HCO}_3^- + \text{Na}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{Cl}^- + \text{Na}^+$
3.  $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Essas etapas representam o processo pelo qual o BS se dissolve em água e reage com o ácido clorídrico (HCl), resultando na formação de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e água ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Esse fenômeno explica os efeitos colaterais comuns da suplementação, como o desconforto gastrointestinal. Apesar de parte do  $\text{HCO}_3^-$  ser neutralizado no estômago devido à reação com o ácido, a alcalinização do suco gástrico após a ingestão do BS estimula a absorção de  $\text{HCO}_3^-$  para a corrente sanguínea (Grgic et al., 2021; Miranda et al., 2022). Esse aumento na concentração de  $\text{HCO}_3^-$  é considerado o principal mecanismo ergogênico da suplementação com bicarbonato, contribuindo para os efeitos benéficos associados aos exercícios físicos.

Os mecanismos ergogênicos do BS ainda não são totalmente compreendidos. No entanto, a elevação do pH no ambiente gástrico pode intensificar a atividade dos transportadores de monocarboxilato (MCT1 e MCT4). Esses transportadores auxiliam no transporte de  $\text{H}^+$  para o ambiente extracelular, otimizando o equilíbrio ácido-base intramuscular. Como consequência, as células musculares podem manter taxas mais elevadas de atividade glicolítica, o que se traduz em uma produção mais eficiente de energia (ATP) e níveis mais altos de lactato, tanto dentro das células musculares quanto no sangue (Grgic et al., 2021; Miranda et al., 2022). Esses mecanismos destacam como a ingestão de BS pode beneficiar o desempenho físico e a capacidade de exercício, o que explica a melhoria no desempenho observada após a suplementação com BS (Grgic et al., 2021; Miranda et al., 2022).

O exercício de alta intensidade pode levar a alterações significativas no equilíbrio ácido-base, o que pode prejudicar a capacidade de exercício. A acidose metabólica resultante, devido ao acúmulo de  $\text{H}^+$ , é uma das principais causas de fadiga muscular (Grgic et al., 2021). Para manter o equilíbrio ácido-base, o organismo utiliza tampões físico-químicos, como o bicarbonato presente no sangue, que pode ser aumentado por meio da suplementação com BS (Maughan et al., 2018; Grgic et al., 2021). Pesquisas consistentes mostram benefícios do BS no desempenho físico, especialmente em atividades de alta intensidade com duração entre 30 segundos e 10 minutos (Heibel et al., 2018; Kerksick et al., 2018).

### 3.4.1 Dosagem

O consumo como suplemento pode ser feito de duas maneiras: usando a dosagem padrão de  $0,3 \text{ g.kg}^{-1}$ , consumidos cerca de 60 a 90 minutos antes do exercício, ou 5 g consumidos duas vezes ao dia durante um período de 5 dias (Kerksick et al., 2018), tendo em vista que doses mais elevadas não proporcionam benefícios adicionais e podem estar associadas a uma maior incidência de efeitos adversos, como o desconforto gastrointestinal (Grgic et al., 2021).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 SUJEITOS

A amostra foi composta por 13 indivíduos com DM2, recrutados por conveniência em clínicas, hospitais e na comunidade através de contato telefônico e visitas de recrutamento presencial. Os voluntários foram selecionados com base no histórico clínico e exame físico. Os critérios de inclusão para o estudo foram: 1) diagnóstico de DM2; 2) idade entre 45 e 74 anos. Os critérios de exclusão foram: 1) histórico de retinopatia diabética proliferativa ou neuropatia autonômica ou periférica; 2) presença de condições de saúde que pudessem afetar o desempenho físico (como doenças pulmonares, doenças cardíacas ou disfunções físicas/motoras); 3) hospitalizações recorrentes ou recentes nos seis meses anteriores ao estudo; 4) pressão arterial sistólica igual ou superior a 160 mmHg ou pressão arterial diastólica igual ou superior a 105 mmHg; 5) tabagismo; 6) gravidez ou período de lactação; 7) insulino-dependente.

### 4.2 DESENHO EXPERIMENTAL

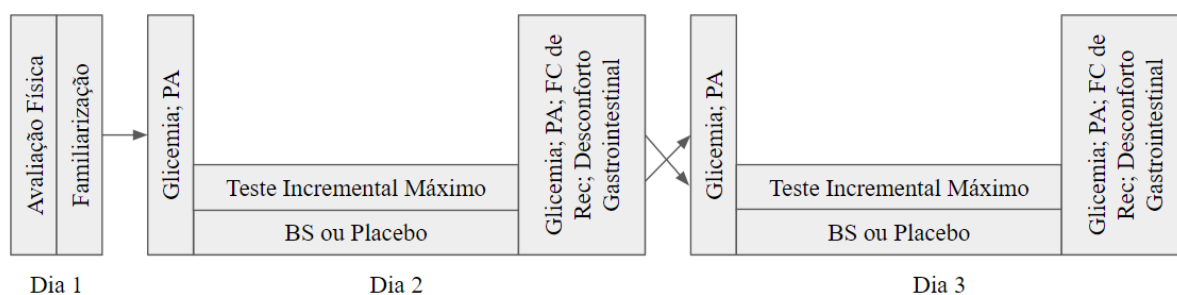
Trata-se de um estudo experimental triplo-cego, *crossover*, contrabalanceado controlado por placebo e randomizado entre as intervenções com BS e placebo. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Estadual de Ponta Grossa, sob o número do parecer: 62650422.9.0000.0105 de 10 de outubro de 2022. A coleta de dados foi conduzida no Laboratório de Avaliação Física e Saúde (LAFISE) do Departamento de Educação Física da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). Inicialmente, todos os participantes receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para leitura e assinatura. Após a obtenção do TCLE devidamente assinado, foram coletados os dados antropométricos e de composição corporal dos participantes. Posteriormente, os participantes realizaram um teste incremental máximo em esteira para se familiarizarem com o protocolo, antes da ingestão das suplementações.

O protocolo experimental foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa, os participantes foram submetidos à avaliação física e a um processo de familiarização com o teste físico. Na segunda etapa, o teste físico foi realizado na presença de BS (suplementação ativa)

ou placebo. A frequência cardíaca foi registrada antes, durante e após os testes. Os parâmetros avaliados foram: a) percentual de reserva cronotrópica (RC); b) recuperação da FC.

A suplementação foi administrada aos participantes 60 minutos antes das sessões experimentais, de modo que nem o avaliador nem os participantes tiveram conhecimento do conteúdo da suplementação. Adicionalmente, os participantes receberam orientações específicas para não realizar exercícios físicos e evitar o consumo de alimentos estimulantes nas 24 horas que antecederam os testes, a fim de garantir a uniformidade das condições antes das avaliações.

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



PA = pressão arterial; FC = frequência cardíaca.  
Fonte: autor (2024).

#### 4.3 DOSAGEM DE GLICOSE

A glicemia capilar (coleta através de punção do dedo) foi medida em repouso e após 3 minutos ao término dos testes físicos, utilizando o protocolo padrão de coleta, que inclui antissepsia local com álcool e o uso de materiais descartáveis (OMS, 2016), por meio de um glicosímetro (G-Tech Free, Brasil), com faixa de resultados de 10 a 600 mg/dL (0,6 a 33,3 mmol/L), e tiras reagentes (G -Tech Free 1, Brasil). A coleta foi realizada ao menos 2 horas após a última refeição. Os valores de glicemia pós-prandial recomendados devem ser inferiores a 150 mg/dL, com variações individuais (IDF, 2021).

#### 4.4 SUPLEMENTAÇÃO COM BICARBONATO DE SÓDIO DE PLACEBO

Para a suplementação de BS, uma dose de  $0,3 \text{ g.kg}^{-1}$  foi administrada aos participantes 60 minutos antes do início do teste para garantir uma absorção completa do suplemento (Carr;

Hopkins; Gore et al., 2011; Grgic et al., 2021). A escolha dessa dosagem está fundamentada na evidência de que doses mais elevadas não proporcionam benefícios adicionais e podem estar associadas a uma maior incidência de efeitos adversos (Grgic et al., 2021). A solução placebo foi administrada na dosagem de 3,6 g. Para avaliar qualquer desconforto gastrointestinal decorrente da suplementação, os participantes utilizaram uma escala de 10 pontos, onde 0 indicava a ausência de sintomas e 10 representa desconforto extremo (Price; Moss; Rance, 2003), que foi avaliada ao final do protocolo de avaliação. A dosagem para cada participante foi preparada em 200 ml de água gaseificada gelada realizada por um indivíduo não envolvido na coleta de dados, garantindo a imparcialidade do processo.

#### 4.5 COMPOSIÇÃO DA SUPLEMENTAÇÃO

As soluções foram cuidadosamente elaboradas para garantir uniformidade da aparência, sabor, odor e viscosidade. A solução de ativa (BS) consistiu em 92,78% de bicarbonato de sódio, 2,4% de esteviosídeo, 0,016% de corante verde, 4% de flavorizante de limão e 0,8% de sílica gel micronizada, com um fator de correção de 1,077 para a preparação da dose individual de cada participante. A solução placebo isotônica foi composta por 0,9% de cloreto de sódio, 0,3% de esteviosídeo, 0,025% de corante verde, 1% de flavorizante de limão e 0,5% de sílica gel micronizada.

#### 4.6 ANTROPOMETRIA, PRESSÃO ARTERIAL E COMPOSIÇÃO CORPORAL

A mensuração do peso corporal e estatura foi realizada utilizando uma balança antropométrica digital da marca Welmy W200A, com capacidade para até 200kg e uma precisão de 100g. A medição da estatura foi realizada conforme as recomendações de Guedes (2006). Com base nessas medidas, foi calculado o índice de massa corporal (IMC) usando a fórmula padrão:  $[\text{peso corporal (kg)} / \text{estatura (m)}^2]$ . A pressão arterial foi aferida com os participantes em repouso, utilizando um aparelho digital (Omron HEM-7122, Jundiaí, Brasil), seguindo o protocolo padrão de aplicação para garantir precisão e consistência nas medições. A verificação da composição corporal foi realizada por meio de um aparelho de bioimpedância tetrapolar (Maltron 906, Rayleigh, Inglaterra), seguindo o protocolo recomendado pelo fabricante. Esses procedimentos foram conduzidos de maneira padronizada para assegurar a precisão das avaliações antropométricas e da composição corporal.

#### 4.7 TESTE INCREMENTAL MÁXIMO

O teste utilizado em nossa pesquisa foi desenvolvido com base em uma modificação do protocolo proposto por Puga et al. (2012), no qual apenas a inclinação da esteira era manipulada, buscando uma adaptação personalizada para acomodar as características específicas dos participantes, como a presença de neuropatia diabética.

Os participantes foram submetidos ao teste incremental máximo em esteira, que consiste em 11 estágios de 1 minuto cada. O teste teve início com uma velocidade constante de 5,5 km/h e inclinação de 0%, sendo incrementado em 2% de inclinação a cada estágio subsequente. A temperatura do laboratório foi controlada e mantida em 23°C durante todas as intervenções. Ainda, os voluntários realizaram os testes no mesmo horário do dia, com intervalo de no mínimo 72 horas e no máximo de 1 semana entre os testes.

Para determinar a frequência cardíaca máxima dos participantes, utilizou-se a equação de Tanaka et al. (2001), que considera o cálculo como  $208 - (0,7 * \text{idade em anos})$ . A percepção subjetiva de esforço dos participantes foi avaliada ao final de cada estágio do teste utilizando a escala de Borg (Borg, 1982). O teste é interrompido quando o sujeito apresentar cansaço excessivo ou exaustão, além de sinais que indiquem anormalidades cardiovasculares, como angina.

#### 4.8 RESPOSTA DA FREQUÊNCIA CARDÍACA

O cálculo do percentual da RC foi realizado considerando três parâmetros: a FC em repouso, a FC de reserva (calculada como a diferença entre a FC máxima e a FC em repouso) e a FC máxima. A equação utilizada para o cálculo da RC foi:  $RC = (FC \text{ de reserva} / [FC \text{ máxima} - FC \text{ em repouso}]) \times 100$ . Valores de RC inferiores a 80% são indicativos de incompetência cronotrópica (Brubaker; Kitzman, 2011) e valores de FC de recuperação inferiores a 18 batimentos por minuto (bpm) após 60 segundos são indicativos de resposta cronotrópica alterada (Watanabe et al., 2001). A recuperação da FC foi calculada observando a diferença entre a FC após 30, 60, 90 e 120 segundos de recuperação em relação à FC no momento da exaustão. O monitoramento da FC foi feito por meio de cardiofrequencímetro (Polar V800, Kempele, Finlândia).

#### 4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para avaliar a normalidade dos dados, foi empregado o teste de *Shapiro-Wilk*. Nas condições pré e pós-teste dentro da mesma condição, a análise das variáveis de percentual da RC, tempo de teste e desconforto gastrointestinal foram avaliadas por meio do teste t pareado. Para a variável de FC pico e desconforto gastrointestinal foi utilizado o teste de *Mann-Whitney*. Nas avaliações entre as condições de teste, a análise das variáveis de pressão arterial (PAS e PAD) e glicemia foram avaliadas por meio do *ANOVA two-way* de medidas repetidas. O teste de  $X^2$  e exato de Fisher foram usados para avaliar a associação entre o consumo de suplementação e o conhecimento do sujeito sobre o que está consumindo. O nível de significância adotado para todos os dados foi de  $p < 0,05$ .

5 RESULTADOS

As características dos participantes estão demonstradas na tabela 1. A idade média foi de  $62,15 \pm 6,90$  anos, índice de massa corporal (IMC) de  $29,14 \pm 4,49 \text{ kg/m}^2$ . A composição corporal variou consideravelmente, com massa livre de gordura de  $63,14 \pm 7,60\%$  e um percentual de gordura de  $36,88 \pm 7,59\%$ . Além disso, a média de anos de diagnóstico da doença foi de  $5,03 \pm 6,64$  anos, demonstrando heterogeneidade no tempo de doença entre os participantes da pesquisa.

**Tabela 1.** Características antropométricas, composição corporal, anos de diagnóstico da doença e comorbidades (n = 13).

| Variável                                     | Resultado         |
|----------------------------------------------|-------------------|
| Mulheres - n (%)                             | 11 (84,61)        |
| Idade (anos)                                 | $62,15 \pm 6,90$  |
| Peso Corporal (kg)                           | $73,39 \pm 14,19$ |
| Estatura (m)                                 | $1,58 \pm 0,09$   |
| Índice de Massa Corporal ( $\text{kg/m}^2$ ) | $29,14 \pm 4,49$  |
| Massa Livre de Gordura (%)                   | $63,14 \pm 7,60$  |
| Gordura Corporal (%)                         | $36,88 \pm 7,59$  |
| FC em Repouso (bpm)                          | $70,23 \pm 11,94$ |
| Anos de Diagnóstico da Doença                | $5,03 \pm 6,64$   |
| <b>Comorbidades</b>                          |                   |
| Hipertensão Arterial Sistêmica - n (%)       | 69,23 (9)         |
| Hipotireoidismo - n (%)                      | 23,08 (3)         |
| Hipercolesterolemia - n (%)                  | 7,69 (1)          |
| Hipertrigliceridemia - n (%)                 | 7,69 (1)          |

Os dados estão apresentados em média  $\pm$  desvio padrão. FC = frequência cardíaca.  
Fonte: autor (2024).

Os resultados dos valores de reserva cronotrópica e do tempo de teste incremental máximo estão demonstrados na tabela 2 e figura 2. A comparação entre o tempo de teste entre as condições foi estatisticamente significativa ( $p = 0,005$ ). No entanto, não houve diferença significativa entre a reserva cronotrópica (RC) e desconforto gastrointestinal ( $p = 0,126$ ;  $p =$

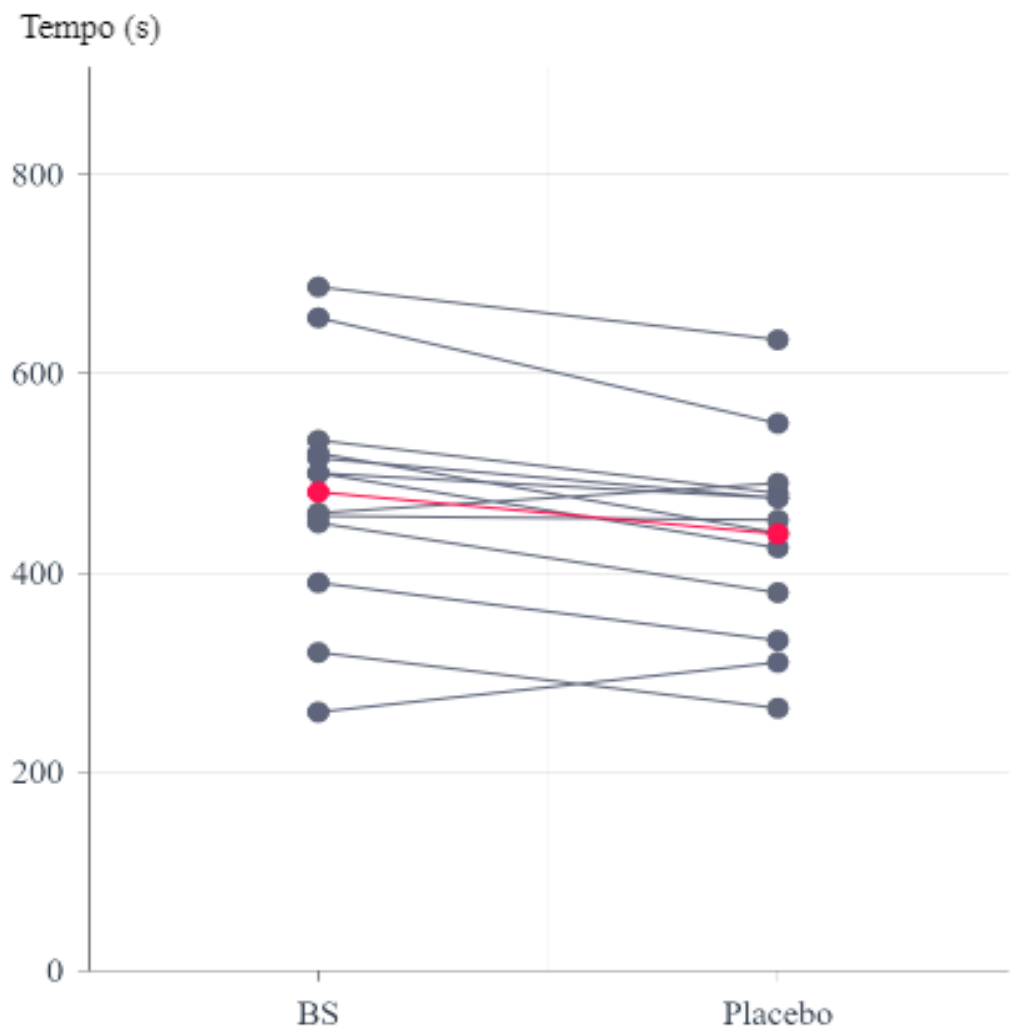
0,066, respectivamente). Além disso, o teste exato de Fisher indica que não há associação significativa entre o consumo de suplementação e o conhecimento do sujeito sobre o que está consumindo ( $X^2_{(1)} = 1,815$ ;  $p = 0,371$ ). Destes, 5 (42%) sujeitos na condição de suplementação de BS e 2 (17%) na condição de placebo tinham conhecimento sobre o que estavam consumindo.

**Tabela 2.** Resultados dos valores de reserva cronotrópica, tempo de teste e desconforto gastrointestinal entre as condições (n = 13).

| Variável                            | BS            | Placebo       | <i>p</i> |
|-------------------------------------|---------------|---------------|----------|
| Tempo de Teste (s)                  | 481 ± 116     | 439 ± 99      | 0,005*   |
| RC (%)                              | 86,45 ± 20,47 | 82,93 ± 17,63 | 0,126    |
| Desconforto Gastrointestinal (0-10) | 2,8 ± 4,1     | 0,1 ± 0,3     | 0,066    |

Os dados estão apresentados em média ± desvio padrão. RC = reserva cronotrópica; BS = bicarbonato de sódio. Fonte: autor (2024).

**Figura 2.** Resultados dos valores de tempo de teste no teste incremental máximo entre as condições.



Os dados estão apresentados em tempo de teste, com a média representada pela linha vermelha. BS = bicarbonato de sódio.  
Fonte: autor (2024).

Os resultados das variáveis de monitoramento clínico estão demonstrados na tabela 3. Foi observado diferenças nos valores de glicemia ( $p = 0,0001$ ), mas não entre as condições ( $p = 0,88$ ). Na condição BS, a glicemia pré-teste foi de  $151,31 \pm 60,33$  mg/dL e diminuiu significativamente para  $127,85 \pm 57,37$  mg/dL no pós-teste ( $p = 0,002$ ). Na condição placebo, observou-se uma redução semelhante na glicemia, com valores pré-teste de  $155,85 \pm 76,97$  mg/dL e pós-teste de  $131,15 \pm 79,78$  mg/dL ( $p = 0,004$ ). No entanto, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas nos valores de pressão arterial PAS e PAD entre as

condições ( $p = 0,84$ ,  $p = 0,34$ ) ou ao longo do tempo ( $p = 0,40$ ,  $p = 0,47$ ), sem haver interação ( $p = 0,19$ ,  $p = 0,34$ , respectivamente).

**Tabela 3.** Resultados das variáveis de monitoramento de valores de pressão arterial e glicemia capilar pré e pós-teste nas condições de suplementação ativa e placebo ( $n = 13$ ).

| Variáveis        | BS             |                 | Placebo        |                 | <i>p</i>  |         |           |
|------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------|---------|-----------|
|                  | Pré            | Pós             | Pré            | Pós             | Condições | Tempo   | Interação |
| PAS (mmHg)       | 126,2 ± 15,47  | 124,8 ± 15,87   | 123,6 ± 16,51  | 129,5 ± 16,48   | 0,84      | 0,40    | 0,19      |
| PAD (mmHg)       | 76,2 ± 9,58    | 75,8 ± 5,31     | 71,8 ± 6,97    | 74,6 ± 10,35    | 0,34      | 0,47    | 0,34      |
| Glicemia (mg/dl) | 151,31 ± 60,33 | 127,85 ± 57,37* | 155,85 ± 76,97 | 131,15 ± 79,78* | 0,88      | 0,0001* | 0,88      |

Os dados estão apresentados em média ± desvio padrão. BS = bicarbonato de sódio. PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica.  
Fonte: autor (2024).

Os resultados das variáveis de monitoramento da FC pico e de recuperação estão demonstrados na tabela 4. A comparação entre as condições em relação à FC revelou que não houve diferenças estatisticamente significativas em diversos momentos do teste. A FC de pico não apresentou diferenças significativas entre as condições ( $p = 0,169$ ). Além disso, não foram observadas diferenças nas FCs aos 30, 60, 90 e 120 segundos de recuperação após o teste entre as condições ( $p = 0,472$ ,  $p = 0,238$ ,  $p = 0,194$ ,  $p = 0,147$ , respectivamente). Esses resultados sugerem que ambas as condições apresentaram comportamentos semelhantes em relação à FC ao longo do tempo de avaliação, demonstrando que o uso da suplementação pode ser segura em no que se refere aos parâmetros cardiovasculares nessa população, tendo em vista as possíveis alterações causadas pela doença.

**Tabela 4.** Resultados da FC pico e de recuperação em 30, 60, 90 e 120 segundos após o fim do teste incremental máximo entre as condições (n = 13).

| FC      | BS             | Placebo        | <i>p</i> |
|---------|----------------|----------------|----------|
| Pico    | 151,08 ± 20,77 | 147,92 ± 18,10 | 0,169    |
| 30 (s)  | 140 ± 19,39    | 134,77 ± 17,02 | 0,472    |
| 60 (s)  | 126,23 ± 18,03 | 117,77 ± 17,60 | 0,238    |
| 90 (s)  | 115,08 ± 20,25 | 105,08 ± 17,86 | 0,194    |
| 120 (s) | 109,46 ± 19,59 | 99,15 ± 15,23  | 0,147    |

Os dados estão apresentados em média ± desvio padrão. FC = frequência cardíaca; BS = bicarbonato de sódio; s = segundos.

Fonte: autor (2024).

## 6 DISCUSSÃO

A hipótese da presente pesquisa foi observar melhoria no desempenho físico, da glicemia e dos parâmetros cardiovasculares após o protocolo de suplementação ativa. Este foi o primeiro estudo a investigar os efeitos da suplementação de BS em indivíduos com DM2, e não foram observados eventos adversos, indicando que o protocolo foi seguro e bem tolerado. Verificou-se um aumento significativo no tempo de teste na condição de suplementação com BS. Além disso, foi observada uma redução significativa nos níveis de glicemia, sem alterações cardiovasculares em ambas as condições, sugerindo que o exercício pode promover benefícios de forma segura e tolerada em indivíduos com DM2, independentemente do uso de recursos ergogênicos. No entanto, os resultados indicam que a suplementação ativa com BS pode oferecer um benefício adicional à capacidade de exercício dos participantes, necessitando de investigações mais aprofundadas em estudos futuros.

### 6.1 ANÁLISE DE DESEMPENHO FÍSICO

O equilíbrio ácido-base é alcançado pela ação de tampões físico-químicos, que pode ser melhorado através da suplementação com BS. Estudos que avaliaram o pH durante o exercício observaram atraso no início da acidose intramuscular e, conseqüentemente, melhor desempenho no exercício (Grgic et al., 2021; Miranda et al., 2022). O BS é uma suplementação frequentemente associada ao contexto de treinamento físico, principalmente em atletas, devido aos seus potenciais benefícios no desempenho esportivo (Kerksick et al., 2018). Nesse sentido, não é comumente estudado em grupos que possuem alguma condição de saúde, como sujeitos com DM2. Dessa forma, nossos resultados são relevantes ao sugerir que a suplementação pode ter efeitos benéficos em parâmetros cardiovasculares e de desempenho físico nesta população, destacando a originalidade desta pesquisa como o primeiro estudo a avaliar esses parâmetros específicos.

Embora não tenhamos conduzido uma análise completa por meio de exames laboratoriais para avaliar as mudanças bioquímicas resultantes da suplementação, estudos anteriores oferecem resultados relevantes. A pesquisa conduzida de Stephens et al. (2002) observou um aumento significativo na concentração plasmática de bicarbonato após a ingestão de 0,3 g.kg<sup>-1</sup> de BS em um teste incremental máximo em ciclossimulador. A pesquisa de Kumstat et al. (2018) demonstrou que o pH sanguíneo, a concentração de bicarbonato e o

excesso de bases (BE) aumentaram significativamente após a suplementação de  $0,3 \text{ g.kg}^{-1}$  de BS ( $p < 0,05$ ) em nadadores ( $20,7 \pm 2,1$  anos) profissionais. Similarmente, a revisão sistemática e meta-análise conduzida por Miranda et al. (2022) destacou um efeito significativo no aumento dos níveis de lactato sanguíneo ( $p = 0,006$ ) em atletas de combate submetidos a um protocolo de suplementação com BS. Isso pode ser atribuído ao fato de que o BS promove um aumento do efluxo de íons  $\text{H}^+$  das células musculares para o sangue, onde são neutralizados. Esse processo resulta na redução da acidose intramuscular, o que, por sua vez, permite uma operação prolongada da via glicolítica (Kerksick et al., 2018; Grgic et al., 2021).

Adicionalmente, Gurton et al. (2023) sugeriram que a administração do BS em forma de solução pode ser mais eficaz do que a suplementação encapsulada, demonstrando aumento de 2% no de 21% no teste de sprint repetido de e no teste de Yo-Yo IR2 no grupo de suplementação em solução. Eles observaram que o declínio no bicarbonato sérico durante o exercício máximo foi mais acentuado para o BS administrado em solução em comparação com cápsulas ( $2,7 \pm 2,1 \text{ mmol.L.kg}^{-1}$ ,  $p = 0,001$ ), e que foi o método utilizado em nossa pesquisa. As alterações bioquímicas observadas em estudos anteriores podem ter influenciado os resultados obtidos em nossa pesquisa, fornecendo um contexto valioso para a interpretação dos achados.

A condição de intervenção ativa apresentou um tempo de teste médio de  $481 \pm 116$  segundos, enquanto a condição placebo teve um tempo médio de  $439 \pm 99$  segundos, representando um aumento médio de aproximadamente 9,57% no tempo de teste. A revisão bibliográfica de Carr et al. (2011) incluiu 38 estudos que avaliaram os efeitos de desempenho com a suplementação de BS que observaram uma melhoria moderada de desempenho de 1,7% ( $\pm 2,0\%$ ) com uma dose padrão de  $0,3 \text{ g.kg}^{-1}$  em um teste de sprint de 1 minuto em atletas do sexo masculino, notável, mas com menor efeito quando comparados com a nossa pesquisa. Além disso, foi observado uma correlação moderada ( $r = 0,33$ ; IC 90% -0,10, 0,65) entre o desempenho no teste e os valores pré-exercício do bicarbonato sérico após a suplementação com BS.

A ingestão aguda e crônica do BS pode levar a resultados diversos. O estudo de Durkalec-Michalski et al. (2020) investigou os efeitos da ingestão aguda ( $0,2 \text{ g.kg}^{-1}$ ) e crônica (8 dias com aumento da dosagem em 25% a cada 2 dias, de  $0,5 \text{ g.kg}^{-1}$  nos dias 1 e 2 para  $0,2 \text{ g.kg}^{-1}$  nos dias 7 e 8) de BS no desempenho físico de atletas de hockey. A suplementação aguda demonstrou melhorias significativas no tempo de um teste específico da disciplina e na

capacidade anaeróbica do teste de Wingate ( $939 \pm 26$  vs.  $914 \pm 22$ s,  $p = 0,006$ ), enquanto a suplementação crônica não resultou em melhorias substanciais. No entanto, a meta-análise de Lopes-Silva et al. (2019) indicou que a ingestão crônica de BS ( $0,5 \text{ g.kg}^{-1}$  durante 5 dias) promoveu melhorias significativas no pico e na potência média do teste de Wingate. Esses resultados destacam a importância da presente pesquisa na avaliação prática de diferentes protocolos de suplementação.

## 6.2 O EXERCÍCIO FÍSICO DE ALTA INTENSIDADE

Nossos resultados demonstraram melhoria no desempenho físico no teste incremental máximo em sujeitos com DM2 após a suplementação de BS. O estudo de Hwang et al. (2019) teve como objetivo avaliar o treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) em comparação ao treinamento contínuo de intensidade moderada (MICT) em 58 idosos com DM2 ( $63 \pm 1$  anos) ao longo de 8 semanas de treinamento supervisionado. Observou-se melhorias na aptidão aeróbica, com um aumento de 10% no  $\text{VO}_{2\text{pico}}$  para o grupo HIIT e 8% para o grupo MICT. Além disso, houve um aumento na tolerância ao exercício máximo, com acréscimos de 1,8 e 1,3 minuto ( $p \leq 0,002$  em ambos os grupos;  $p \geq 0,90$  para a comparação entre HIIT e MICT). O estudo de Støa et al. (2017) investigou os efeitos do HIIT (85% e 95% da FC máxima) e do MICT (70% e 75% da FC máxima) em 38 indivíduos com DM2 ao longo de 12 semanas de treinamento supervisionado. Os resultados demonstraram um aumento significativo de 21% no  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  (de 25,6 para  $30,9 \text{ ml.kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$ ,  $p < 0,001$ ) no grupo HIIT, acompanhado de uma redução de -0,58% nos níveis de HbA1c (de 7,78 para 7,20%,  $p < 0,001$ ). Além disso, houve uma redução de 1,9% no peso corporal ( $p < 0,01$ ) e no IMC. Essas melhorias foram estatisticamente significativas em comparação com o grupo submetido ao MICT, sem diferenças no limiar de lactato e pressão arterial. Correlações moderadas foram identificadas entre a mudança no  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  e HbA1c quando combinados ( $r = -0,52$ ,  $p < 0,01$ ).

Em síntese, os resultados obtidos nesta investigação corroboram a viabilidade, segurança e efetividade do treinamento de alta intensidade em indivíduos acometidos por DM2. Esses achados detêm relevância no contexto da prescrição de exercícios para essa população, dado que os métodos de treinamento em questão proporcionam benefícios equiparáveis, com a vantagem adicional de uma menor demanda temporal associada aos protocolos de HIIT.

### 6.3 GLICEMIA

Uma redução significativa nos níveis de glicose em ambas as condições foi observada. Na condição de BS, houve uma redução de 15,5% ( $151,31 \pm 60,33$  para  $127,85 \pm 57,37$  mg/dL;  $p = 0,002$ ), e na condição placebo, a redução foi de 15,85% ( $155,85 \pm 76,97$  para  $131,15 \pm 79,78$  mg/dL;  $p = 0,004$ ). Esses resultados destacam o papel do exercício como uma estratégia no controle da glicemia e na promoção da saúde metabólica. Além disso, a relação dose-resposta sugere que atividades de maior intensidade oferecem benefícios adicionais para o controle metabólico (Harrington; Henson, 2021).

O exercício físico exerce impactos agudos e crônicos na regulação da captação de glicose e processos inflamatórios, resultando em uma redução da glicemia por até 48 horas, e aumentando a captação de glicose em até 50 vezes por meio de mecanismos dependentes e independentes de insulina (SyLOW et al., 2017; ADA, 2022). O estudo de Hiyane et al. (2008), com 10 participantes ( $56,9 \pm 11,2$  anos), demonstrou uma redução significativa da glicemia até 90 minutos após duas sessões de exercício de carga constante, realizadas a 90% e 110% do limiar anaeróbio. Ainda, a meta-análise de Munan et al. (2020) com 23 estudos de exercício agudo mostrou uma diminuição significativa nas concentrações médias de glicose após 24 horas em 9,01 mg/dL ( $p < 0,001$ ). Na pesquisa de Zhang et al. (2020), o grupo HIIT apresentou diferenças substanciais nos níveis de glicemia em jejum, pré-exercício e 11 horas pós-exercício em comparação ao controle ( $p < 0,05$ ).

Esses resultados são consistentes com nossas descobertas, onde identificamos uma redução significativa nos níveis de glicemia imediatamente após o teste, sugerindo que essa redução pode ser mantida no curto e longo prazo.

### 6.4 PARÂMETROS CARDIOVASCULARES

#### 6.4.1 Incompetência Cronotrópica

A IC, avaliada por meio da RC, é caracterizada pela incapacidade de a FC aumentar proporcionalmente ao aumento da atividade ou da demanda metabólica, e desempenha um papel significativo na tolerância ao esforço. Estudos recentes têm demonstrado que a IC está associada a disfunções cardiovasculares em pessoas com DM2, e essas condições podem levar a um aumento do risco de infarto agudo do miocárdio, acidente vascular encefálico e morte

súbita cardíaca (Dendale; Hansen, 2015; Zafrir et al., 2016). Em relação aos nossos resultados, foi observada uma média de  $86,45 \pm 20,47\%$  na RC na condição com BS e  $82,93 \pm 17,63\%$  na condição com placebo. Embora não tenha havido uma diferença estatisticamente significativa entre esses valores ( $p = 0,126$ ), foi observado que  $38,46\%$  ( $n = 5$ ) dos sujeitos na condição BS e  $46,15\%$  ( $n = 6$ ) na condição placebo apresentaram valores abaixo de  $85\%$  de RC, que é considerado um indicativo de IC, o que pode influenciar negativamente o desempenho durante o exercício.

Em um estudo conduzido por Hansen et al. (2014), que investigou o índice de resposta cronotrópica (IRC) máxima em indivíduos com DM2 e saudáveis, foi demonstrada uma diferença significativa na IRC máxima entre os grupos ( $0,85 \pm 0,17$  para pacientes com DM2 e  $1,02 \pm 0,17$  para os saudáveis,  $p < 0,01$ ). Similarmente ao nosso estudo, eles identificaram a presença de IC em  $42\%$  dos pacientes com DM2, enquanto apenas  $6\%$  dos indivíduos saudáveis apresentaram essa condição. Além disso, a IC mostrou associação com outros fatores, como obesidade, controle glicêmico, resistência à insulina e nível de aptidão física. Portanto, a IC pode ser considerada um marcador de risco nessa população, mas é importante ressaltar que a origem dessa condição é multifatorial e não completamente compreendida (Keytsman; Dendale; Hansen, 2015; Zafrir et al., 2016).

O exercício físico não apenas se revela eficaz no tratamento da IC, mas também seu papel crucial na prevenção e na melhoria dos fatores de risco associados. Um estudo conduzido por Jin et al. (2017) investigou os efeitos de um programa de treinamento aeróbico de 12 semanas em 30 indivíduos com DM2 com IC, revelando um aumento significativo na FC máxima em  $13\%$  ( $129,23 \pm 16,32$  vs.  $140,50 \pm 13,41$  bpm,  $p < 0,01$ ), aumento do tempo de teste em  $24\%$  ( $703 \pm 196$  vs.  $873 \pm 177$  segundos,  $p < 0,01$ ) e aumento de  $26\%$  no  $VO_{2\text{pico}}$  ( $16,99 \pm 3,96$  vs.  $21,40 \pm 4,94$  ml/kg/min<sup>-1</sup>,  $p < 0,01$ ).

#### 6.4.2 Recuperação da Frequência Cardíaca

A recuperação da frequência cardíaca se refere à diminuição da FC máxima/pico no período subsequente ao exercício. Esse processo reflete a interação dinâmica entre os sistemas parassimpático e simpático e é amplamente reconhecido como uma medida não invasiva para avaliar a função autonômica, fornecendo informações sobre como o sistema cardiovascular responde ao esforço (Qiu et al., 2017). Em relação à recuperação da frequência cardíaca nos

primeiros 30 segundos após o teste, os valores foram de  $140 \pm 19,39$  na condição BS e  $134,77 \pm 17,02$  na condição placebo, não mostrando diferença significativa ( $p = 0,472$ ). As variações nas frequências cardíacas entre o pico do exercício e 60 segundos após foram de 24,85 bpm no BS e 30,15 bpm no placebo. Ambos os valores excederam o limiar de 18 batimentos/minuto, um importante indicador de resposta cronotrópica alterada (Watanabe et al., 2001). Além disso, nenhum participante apresentou uma frequência cardíaca basal acima de 100 bpm, o que, juntamente com uma redução na resposta cronotrópica, é um preditor independente de mortalidade cardiovascular e por todas as causas indivíduos com DM2 (Zafirir et al., 2016), indicando um perfil de menor risco em nossa amostra.

A meta-análise de Qiu et al. (2017), abrangendo 9.113 participantes e um período médio de acompanhamento de 8,1 anos, revelou uma associação significativa entre uma recuperação mais lenta da FC e um aumento substancial do risco de desenvolver DM (RR 1,66, IC95% 1,16-2,38). Além disso, a pesquisa conduzida por Jae et al. (2016) investigou a relação entre o atraso na recuperação da FC e o desenvolvimento de DM2 em 2.231 homens, ao longo de um acompanhamento médio de 5 anos. Durante esse período, 90 homens (4,0%) desenvolveram a doença. Os riscos relativos foram significativamente maiores nos quartis mais baixos de reserva de frequência cardíaca (RR 2,71, IC95% 1,20-6,11) e recuperação de frequência cardíaca (RR 2,81, IC95% 1,36-5,78) em comparação com os quartis mais altos. Cada aumento de 1 bpm na reserva e recuperação da FC associou-se a uma redução de 2% a 3% na incidência de DM2.

O atraso na FC de recuperação após o exercício está diretamente relacionado a um aumento do risco de eventos cardíacos adversos, incluindo morte súbita cardíaca (MSC). Diversas pesquisas têm evidenciado essa associação entre MSC e alterações na FC de recuperação. Um estudo conduzido por Kurl et al. (2021) examinou 1.967 homens (com idades entre 42 e 61 anos) ao longo de um período de 25 anos, constatando um aumento significativo na incidência de MSC entre aqueles com uma menor reserva de FC (RR 3,86, IC95% 2,56-5,80) e uma FC de recuperação mais lenta (RR 2,86, IC95% 1,95-4,20). Cada acréscimo de 1 bpm na FC de recuperação reduziu a incidência de MSC em 1 a 2%. Além disso, Vivekananthan et al. (2003) ressaltaram que a FC de recuperação pode ser um indicador prognóstico de mortalidade em seis anos para pacientes com doença coronariana, independentemente da gravidade da condição. Esses resultados indicam que tais programas não apenas melhoram a qualidade de vida dos participantes, mas também estão associados a uma redução nas

hospitalizações relacionadas a condições cardíacas e destacam a importância dessa análise como um indicador prognóstico valioso na avaliação do risco cardiovascular.

## 6.5 LIMITAÇÕES

Este estudo apresenta algumas limitações a serem consideradas. Primeiramente, a diversidade na condição clínica dos participantes, incluindo condições hormonais, especialmente em sujeitos do sexo feminino, diferenças no tempo de doença e variações na aptidão cardiopulmonar. Além disso, a intervenção foi realizada em dias distintos, o que poderia incorporar alguma variabilidade diária nos resultados, embora tenhamos tomado medidas para minimizar esse impacto. Essas limitações devem ser consideradas ao interpretar os resultados deste estudo e sugerem a necessidade de investigações futuras mais abrangentes e controladas.

## 7 CONCLUSÃO

Após a administração de um protocolo de suplementação com BS na dosagem de 0,3 g.kg<sup>-1</sup>, foi observado um aumento significativo no tempo durante o teste incremental máximo em esteira ergométrica. Esses resultados sugerem que a suplementação ativa pode ter um efeito benéfico no desempenho físico de forma segura e bem tolerada em indivíduos com DM2, visto que não foram observados eventos adversos em nossa pesquisa. No entanto, são necessárias mais pesquisas para uma compreensão abrangente dos mecanismos subjacentes a essas intervenções nessa população.

## REFERÊNCIAS

- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION PROFESSIONAL PRACTICE COMMITTEE: 2. Classification and diagnosis of diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes - 2022. **Diabetes Care**, v. 45, n. Supplement\_1, p. S17-S38, 2022.
- AWOTIDEBE, T. O. et al. Relationship between functional capacity and health-related quality of life of patients with type - 2 diabetes. **Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research and Reviews**, v. 11, n. 1, p. 1-5, 2017.
- BORG, G. A. V. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 1982.
- BOULÉ, N. G. et al. Meta-analysis of the effect of structured exercise training on cardiorespiratory fitness in Type 2 diabetes mellitus. **Diabetologia**, v. 46, p. 1071-1081, 2003.
- BRUBAKER, P. H.; KITZMAN, D. W. Chronotropic incompetence: causes, consequences, and management. **Circulation**, v. 123, n. 9, p. 1010-1020, 2011.
- BURGOMASTER, Kirsten A. et al. Divergent response of metabolite transport proteins in human skeletal muscle after sprint interval training and detraining. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 292, n. 5, p. R1970-R1976, 2007.
- CALVO, J. L. et al. Effect of sodium bicarbonate contribution on energy metabolism during exercise: a systematic review and meta-analysis. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 18, n. 1, p. 1-17, 2021.
- CARR, J.; HOPKINS, G.; GORE, J. Effects of acute alkalosis and acidosis on performance. **Sports Medicine**, v. 41, n. 10, p. 801-814, 2011.
- CHURCH, T. S. et al. Cardiorespiratory fitness and body mass index as predictors of cardiovascular disease mortality among men with diabetes. **Archives of Internal Medicine**, v. 165, n. 18, p. 2114-2120, 2005.
- COSTA, B. M.; DE ARAÚJO, A. C.; OKUNO, N. M. Reliability of heart rate recovery indexes after maximal incremental tests. **Campesidade**, p. 153, 2020.
- DHATARIYA, K. K. et al. Diabetic ketoacidosis. **Nature Reviews Disease Primers**, v. 6, n. 1, p. 40, 2020.
- CHURCH, T. S. et al. Exercise capacity and body composition as predictors of mortality among men with diabetes. **Diabetes Care**, v. 27, n. 1, p. 83-88, 2004.
- DA SILVA, R. P. et al. Effects of  $\beta$ -alanine and sodium bicarbonate supplementation on the estimated energy system contribution during high-intensity intermittent exercise. **Amino Acids**, v. 51, n. 1, p. 83-96, 2019.

DODGSON, R.; LEE, K.; DRAGER, N. Global Health Governance, a conceptual review. **Global Health**, p. 439-461, 2019.

DURKALEC-MICHALSKI, K. et al. The influence of progressive-chronic and acute sodium bicarbonate supplementation on anaerobic power and specific performance in team sports: a randomized, double-blind, placebo-controlled crossover study. **Nutrition & Metabolism**, v. 17, p. 1-15, 2020.

EVANS, P. L. et al. Regulation of skeletal muscle glucose transport and glucose metabolism by exercise training. **Nutrients**, v. 11, n. 10, p. 2432, 2019.

FLORES-OPAZO, Marcelo; MCGEE, Sean L.; HARGREAVES, Mark. Exercise and GLUT4. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 48, n. 3, p. 110-118, 2020.

GRGIC, J. et al. Effects of sodium bicarbonate supplementation on muscular strength and endurance: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 50, n. 7, p. 1361-1375, 2020.

GRGIC, J. et al. International Society of Sports Nutrition position stand: sodium bicarbonate and exercise performance. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 18, n. 1, p. 1-37, 2021.

GUEDES, D. P. **Manual prático para avaliação em educação física**. Editora Manole Ltda, 2006.

GURTON, W. H. et al. Sodium bicarbonate and time-to-exhaustion cycling performance: a retrospective analysis exploring the mediating role of expectation. **Sports Medicine**, v. 9, n. 1, p. 65, 2023.

GUTCH, M. et al. Assessment of insulin sensitivity/resistance. **Indian Journal of Endocrinology and Metabolism**, v. 19, n. 1, p. 160, 2015.

HANSEN, D; DENDALE, P. Modifiable predictors of chronotropic incompetence in male patients with type 2 diabetes. **Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention**, v. 34, n. 3, p. 202-207, 2014.

HARREITER, J.; RODEN, M. Diabetes mellitus–Definition, Klassifikation, Diagnose, Screening und Prävention (Update 2023). **Wiener Klinische Wochenschrift**, v. 135, n. Suppl 1, p. 7-17, 2023.

HARRINGTON, Deirdre; HENSON, Joe. Physical activity and exercise in the management of type 2 diabetes: where to start?. **Practical Diabetes**, v. 38, n. 5, p. 35-40b, 2021.

HAWLEY, J. A.; HARGREAVES, M.; ZIERATH, J. R. Signalling mechanisms in skeletal muscle: role in substrate selection and muscle adaptation. **Essays in Biochemistry**, v. 42, p. 1-12, 2006.

HEIBEL, A. B. et al. Time to optimize supplementation: modifying factors influencing the individual responses to extracellular buffering agents. **Frontiers in Nutrition**, v. 5, p. 35, 2018.

HIYANE, Wolysson C. et al. Blood glucose responses of type-2 diabetics during and after exercise performed at intensities above and below anaerobic threshold. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 10, n. 1, p. 8-11, 2008.

HOLLOSZY, John O. Exercise-induced increase in muscle insulin sensitivity. **Journal of Applied Physiology**, v. 99, n. 1, p. 338-343, 2005.

HWANG, C. et al. Effect of all-extremity high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on aerobic fitness in middle-aged and older adults with type 2 diabetes: A randomized controlled trial. **Experimental Gerontology**, v. 116, p. 46-53, 2019.

INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION (IDF). **Diabetes Atlas Tenth Edition**. Brussels, Belgium: International Diabetes Federation; 2021. Disponível em: <<https://diabetesatlas.org/atlas/tenth-edition>>.

INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION (IDF). **Diabetes Atlas Eight Edition**. Brussels, Belgium: International Diabetes Federation; 2017. Disponível em: <<https://diabetesatlas.org/atlas/eight-edition>>.

JANSSEN, S. M.; CONNELLY, D. M. The effects of exercise interventions on physical function tests and glycemic control in adults with type 2 diabetes: A systematic review. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 28, p. 283-293, 2021.

JAE, S. Y. et al. Exercise heart rate reserve and recovery as predictors of incident type 2 diabetes. **The American Journal of Medicine**, v. 129, n. 5, p. 536. e7-536. e12, 2016.

JIN, L. et al. Exercise training on chronotropic response and exercise capacity in patients with type 2 diabetes mellitus. **Experimental and Therapeutic Medicine**, v. 13, n. 3, p. 899-904, 2017.

KANALEY, J. A. et al. Exercise/physical activity in individuals with type 2 diabetes: a consensus statement from the American College of Sports Medicine. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 2022.

KERKSICK, C. M. et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 15, n. 1, p. 38, 2018.

KEYTSMAN, C.; DENDALE, P.; HANSEN, D. Chronotropic incompetence during exercise in type 2 diabetes: aetiology, assessment methodology, prognostic impact and therapy. **Sports Medicine**, v. 45, p. 985-995, 2015.

KIRWAN, J. P.; SACKS, J.; NIEUWOUDT, S. The essential role of exercise in the management of type 2 diabetes. **Cleveland Clinic Journal of Medicine**, v. 84, n. 7 Suppl 1, p. S15, 2017.

- KUMSTÁT, M. M. et al. Does sodium citrate cause the same ergogenic effect as sodium bicarbonate on swimming performance?. **Journal of Human Kinetics**, v. 65, p. 89, 2018.
- KURL, Sudhir et al. Exercise heart rate reserve and recovery as risk factors for sudden cardiac death. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 68, p. 7-11, 2021.
- LOPES-SILVA, J. P.; REALE, R.; FRANCHINI, E. Acute and chronic effect of sodium bicarbonate ingestion on Wingate test performance: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Sports Sciences**, v. 37, n. 7, p. 762-771, 2019.
- MAUGHAN, R. J. et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 28, n. 2, p. 104-125, 2018.
- MIRANDA, W. A. S. et al. Can Sodium Bicarbonate Supplementation Improve Combat Sports Performance? A Systematic Review and Meta-analysis. **Current Nutrition Reports**, v. 11, n. 2, p. 273-282, 2022.
- MUNAN, Matthew et al. Acute and chronic effects of exercise on continuous glucose monitoring outcomes in type 2 diabetes: a meta-analysis. **Frontiers in Endocrinology**, v. 11, p. 495, 2020.
- NERY, C. et al. Effectiveness of resistance exercise compared to aerobic exercise without insulin therapy in patients with type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 21, n. 6, p. 400-415, 2017.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS) et al. **Diretrizes da OMS para a tiragem de sangue: boas práticas em flebotomia**. 2016. Disponível em: <[https://www.who.int/infection-prevention/publications/Phlebotomy-portuges\\_web.pdf](https://www.who.int/infection-prevention/publications/Phlebotomy-portuges_web.pdf)>.
- PAN, B. et al. Exercise training modalities in patients with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and network meta-analysis. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, v. 15, n. 1, p. 1-14, 2018.
- PEÇANHA, T. et al. Methods of assessment of the post-exercise cardiac autonomic recovery: A methodological review. **International Journal of Cardiology**, v. 227, p. 795-802, 2017.
- PEDERSEN, B. K; SALTIN, B. Exercise as medicine—evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 25, p. 1-72, 2015.
- PEREIRA, W. V. C. et al. 2022: Position of Brazilian Diabetes Society on exercise recommendations for people with type 1 and type 2 diabetes. **Diabetology & Metabolic Syndrome**, v. 15, n. 1, p. 1-20, 2023.
- PRICE, M.; MOSS, P.; RANCE, S. Effects of sodium bicarbonate ingestion on prolonged intermittent exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 35, n. 8, p. 1303-1308, 2003.

PUGA, G. M. et al. Aerobic fitness evaluation during walking tests identifies the maximal lactate steady state. **The Scientific World Journal**, v. 2012, 2012.

QIU, S. H. et al. Attenuated heart rate recovery predicts risk of incident diabetes: insights from a meta-analysis. **Diabetic Medicine**, v. 34, n. 12, p. 1676-1683, 2017.

RICHTER, E. A. Is GLUT4 translocation the answer to exercise-stimulated muscle glucose uptake?. **American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism**, 2021.

RICHTER, E.; SYLOW, L.; HARGREAVES, M. Interactions between insulin and exercise. **Biochemical Journal**, v. 478, n. 21, p. 3827-3846, 2021.

ROSS, R. et al. Importance of assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice: a case for fitness as a clinical vital sign: a scientific statement from the American Heart Association. **Circulation**, v. 134, n. 24, p. e653-e699, 2016.

SYLOW, L. et al. Exercise-stimulated glucose uptake—regulation and implications for glycaemic control. **Nature Reviews Endocrinology**, v. 13, n. 3, p. 133-148, 2017.

STEPHENS, T. J. et al. Effect of sodium bicarbonate on muscle metabolism during intense endurance cycling. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 34, n. 4, p. 614-621, 2002.

STØA, E. M. et al. High-intensity aerobic interval training improves aerobic fitness and HbA1c among persons diagnosed with type 2 diabetes. **European Journal of Applied Physiology**, v. 117, n. 3, p. 455-467, 2017.

TABACHNIKOV, Vsevolod et al. Heart rate response to exercise and recovery: independent prognostic measures in patients without known major cardiovascular disease. **Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention**, v. 42, n. 3, p. E34-E41, 2022.

TANAKA, H; MONAHAN, K. D.; SEALS, D. R. Age-predicted maximal heart rate revisited. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 37, n. 1, p. 153-156, 2001.

VIVEKANANTHAN, D. P. et al. Heart rate recovery after exercise is a predictor of mortality, independent of the angiographic severity of coronary disease. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 42, n. 5, p. 831-838, 2003.

WATANABE, J. et al. Heart rate recovery immediately after treadmill exercise and left ventricular systolic dysfunction as predictors of mortality: the case of stress echocardiography. **Circulation**, v. 104, n. 16, p. 1911-1916, 2001.

WILMOT, E. G. et al. Sedentary time in adults and the association with diabetes, cardiovascular disease and death: systematic review and meta-analysis. **Diabetologia**, v. 55, n. 11, p. 2895-2905, 2012.

YANG, Z. et al. Resistance exercise versus aerobic exercise for type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 44, n. 4, p. 487-499, 2014.

ZAFRIR, B. et al. Resting heart rate and measures of effort-related cardiac autonomic dysfunction predict cardiovascular events in asymptomatic type 2 diabetes. **European Journal of Preventive Cardiology**, v. 23, n. 12, p. 1298-1306, 2016.

ZHANG, Q. Q. et al. Effects of acute exercise with different intensities on glycemic control in patients with type 2 diabetes mellitus. **Acta Endocrinologica (Bucharest)**, v. 17, n. 2, p. 212, 2021.

## APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

O Sr.(a), \_\_\_\_\_, portador do CPF: \_\_\_\_\_, está sendo convidado(a) a participar da pesquisa SUPLEMENTAÇÃO DE BICARBONATO DE SÓDIO NO DESEMPENHO FÍSICO EM ADULTOS DE MEIA IDADE E IDOSOS COM DIABETE MELITO TIPO 2, que será avaliado através da intervenção através da suplementação de bicarbonato de sódio e avaliação do desempenho físico por meio de um teste incremental máximo em indivíduos com diabetes melito tipo 2, e coletado amostras de sangue para análise bioquímica antes e após a intervenção. A sua participação no estudo será realizada no Laboratório de Avaliação Física e Saúde (LAFISE) do Departamento de Educação Física, na Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). Os registros de seus dados terão sigilo garantido e posteriormente serão utilizados para estudos e publicações. Sua participação é voluntária e, portanto, não receberá recompensa ou gratificação nem pagará para participar. Será garantido o livre acesso a todas as informações e retirada de dúvidas sobre o estudo, tudo o que senhor(a) queira saber antes, durante e depois da participação na pesquisa. O senhor(a) poderá deixar de participar do estudo a qualquer momento, sem apresentar justificativas e, também, sem prejuízo ou perda de qualquer benefício que possa ter adquirido, tendo também todas as dúvidas esclarecidas sobre a sua participação neste trabalho. O principal benefício desse estudo é avaliar a eficácia e segurança do uso de bicarbonato de sódio no desempenho físico em adultos de meia idade e idosos com DM2, deste modo, a presente pesquisa pode servir como aporte para novos estudos relacionados a essa temática. O senhor(a) não será exposto fisicamente ou emocionalmente, mas, existem riscos relacionados aos dados coletados, como por exemplo, o vazamento das informações obtidas e/ou desconfortos gerados pelas indagações, no entanto, todas as medidas e estratégias possíveis serão utilizadas para minimizá-los ou eliminá-los, durante toda a execução da pesquisa. Para maiores informações, entre em contato:

CEP-UEPG: Universidade Estadual de Ponta Grossa - Av. Carlos Cavalcanti, 4748 - Uvaranas, Bloco da Reitoria - Sala 22 - Campus Universitário. CEP: 84030-900 - Ponta Grossa - PR, E-mail: [prospsecretaria@uepg.br](mailto:prospsecretaria@uepg.br), Fone: (42) 3220-3282, Horário: Segunda a Sexta-feira, 8h00 às 12h00 e 13h00 às 17h00.

---

Assinatura do Convidado

---

Assinatura do Pesquisador Responsável



**ANEXO A - ESCALA DE BORG**

|           |                               |
|-----------|-------------------------------|
| <b>6</b>  | <b>-</b>                      |
| <b>7</b>  | <b>muito fácil</b>            |
| <b>8</b>  | <b>-</b>                      |
| <b>9</b>  | <b>fácil</b>                  |
| <b>10</b> | <b>-</b>                      |
| <b>11</b> | <b>relativamente fácil</b>    |
| <b>12</b> | <b>-</b>                      |
| <b>13</b> | <b>ligeiramente cansativo</b> |
| <b>14</b> | <b>-</b>                      |
| <b>15</b> | <b>cansativo</b>              |
| <b>16</b> | <b>-</b>                      |
| <b>17</b> | <b>muito cansativo</b>        |
| <b>18</b> | <b>-</b>                      |
| <b>19</b> | <b>exaustivo</b>              |
| <b>20</b> | <b>-</b>                      |