



**ÉRIKA DA SILVA ROSA**

**CARBOIDRATO NO EXERCÍCIO: CONSUMO ALIMENTAR E  
PARÂMETROS DE DESEMPENHO EM CORREDORES  
AMADORES DE 5 KM**

**LAVRAS-MG  
2019**

**ÉRIKA DA SILVA ROSA**

**CARBOIDRATO NO EXERCÍCIO: CONSUMO ALIMENTAR E PARÂMETROS DE  
DESEMPENHO EM CORREDORES AMADORES DE 5 KM**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Lavras,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Nutrição e Saúde, área de  
concentração em Nutrição e  
Saúde, para a obtenção do título  
de Mestra.

Prof. Dr. Sandro Fernandes da Silva  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Rosa, Érika da Silva.

Carboidrato no exercício: consumo alimentar e parâmetros de  
desempenho em corredores amadores de 5 km / Érika da Silva

Rosa. - 2019.

93 p. : il.

Orientador(a): Sandro Fernandes da Silva.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Corrida. 2. Desempenho atlético. 3. Dieta da carga de  
carboidratos. I. da Silva, Sandro Fernandes. II. Título.

**ÉRIKA DA SILVA ROSA**

**CARBOIDRATO NO EXERCÍCIO: CONSUMO ALIMENTAR E PARÂMETROS DE  
DESEMPENHO EM CORREDORES AMADORES DE 5 KM**

**CARBOHYDRATE IN EXERCISE: FOOD CONSUMPTION AND AMATEUR  
RUNNER PERFORMANCES AT 5 KM**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Lavras,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Nutrição e Saúde, área de  
concentração em Nutrição e  
Saúde, para a obtenção do título  
de Mestra.

APROVADA em 16 de agosto de 2019.  
Prof. Dr. Sandro Fernandes da Silva UFLA  
Prof. Dr. Wilson César de Abreu UFLA  
Profa. Dra. Janaína Lavalli Goston UFMG

Prof. Dr. Sandro Fernandes da Silva  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2019**

## **DEDICATÓRIA**

*Dedico este trabalho a todos que propiciaram sua concretude, seja pelas palavras de incentivo ou apoio, nos momentos em que pensei em desistir.*

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Saúde (PPGNS) e ao Departamento de Nutrição (DNU), pela oportunidade. Ao professor Sandro pela orientação e apoio na condução do trabalho. Aos funcionários do DNU/UFLA, principalmente a Vânia, pela disposição e generosidade em ajudar os alunos.

Aos discentes do Grupo de Estudos e Pesquisas em Respostas Neuromusculares (GEPREN) pela ajuda na coleta dos dados. Sem eles a realização da pesquisa não teria sido possível. Agradeço imensamente aos atletas pela disponibilidade e empenho em participar do estudo.

Agradecimento especial aos meus pais, Emília e Paulo pelo amor, cuidado e apoio incondicional em todas as decisões da minha vida e as minhas irmãs Ana Paula e Yasmin pelo carinho, incentivo e paciência. À Maria da Conceição por ter me acolhido durante todo o período em que estive em Lavras. Aos companheiros da Associação de Pós-Graduação (APG/UFLA) pela amizade sincera e por servirem de inspiração na luta a favor da educação no Brasil.

Agradeço à CAPES pela concessão da bolsa de estudos. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 1747518.

*“O que vale na vida não é o ponto de partida e sim a caminhada.  
Caminhando e semeando, no fim terás o que colher.”  
(Cora Coralina)*

## APRESENTAÇÃO

A dissertação contém o trabalho **“Carboidrato no exercício: consumo alimentar e parâmetros de desempenho em corredores amadores de 5 Km”** seguida das respectivas referências utilizadas no padrão ABNT. O formato da dissertação atende às diretrizes do Manual de Normalização e Estrutura de Trabalhos Acadêmicos: TCCs, Monografias, Dissertações e Teses, 2ª edição revista, atualizada e ampliada, ano 2016 da Universidade Federal de Lavras – UFLA. Complementa o material o artigo original **“Changing patterns of carbohydrate diet not improve performance of amateur runners”** formatado conforme as normas do periódico de interesse.

## RESUMO

Carboidrato (CHO) é o principal nutriente responsável por fornecer energia ao músculo em contração. O consumo antes do exercício contribui para a manutenção da homeostase glicêmica e minimiza a redução do glicogênio muscular e hepático. Com a depleção de glicogênio ocorre diminuição na produção de energia o que coincide com o início da fadiga e a queda de desempenho. Apesar da importância do CHO, existe uma lacuna na literatura sobre qual a recomendação indicada para melhorar a performance de atletas amadores na modalidade corrida de longas distâncias. Portanto, torna-se relevante a realização de estudos que mimetizem situações reais e avaliem a eficácia de protocolos de ingestão de CHO sobre o desempenho de atletas amadores. O objetivo do estudo foi analisar o efeito de dietas normocalóricas com três percentuais de CHO (30%, 60% e 80%) no rendimento fisiológico e biomecânico de corredores amadores de 5 Km. A amostra foi composta por 10 voluntários (18 a 59 anos), do sexo masculino, corredores amadores da academia Top Runners, da cidade de Perdões, MG. O teste de corrida foi realizado na pista de atletismo de 5000 metros da Universidade Federal de Lavras por até 25 minutos. Para a avaliação do consumo alimentar foi aplicado o Recordatório de 24 horas. Nas fases pré-teste e das dietas de 30%, 60% e 80% de CHO foram avaliadas ingestão alimentar, massa corporal, glicemia, pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) pré e pós-exercício. Percepção Subjetiva do Esforço (PSE), pacing, tempo e velocidade média foram mensurados a cada quilômetro nas quatro fases da pesquisa. Para análise dos dados foi adotado o teste de Shapiro-Wilk para verificar a distribuição da amostra e o teste de Levene para a homogeneidade da variância. Para análise dos parâmetros de desempenho da corrida foi utilizado o teste ANOVA Two-way e testes não paramétricos correspondentes. Na avaliação da correlação entre as variáveis utilizou-se o coeficiente de Pearson. Em todas as análises, o nível de significância adotado foi  $p < 0.05$ . Os resultados revelaram diferença não significativa entre as dietas. Somado ao aumento da glicemia pós-exercício em todos os protocolos dietéticos indicando que a demanda energética no final da corrida foi possivelmente suprida pela produção hepática de glicose. A correlação entre PSE e tempo demonstrou ser fraca na dieta de 30% ( $r: 0.58$ ) e forte na de 80% ( $r: 0.83$ ). Em relação à fase pré-teste, a dieta de 80% apresentou menor tempo (0.66%). Houve redução no tempo de prova (2.3%) e aumento da velocidade (2.5%) no protocolo de 80% comparado ao de 30%. A PAD pré-exercício nas dietas de 30% ( $p < 0.05$ ) e 80% ( $p < 0.05$ ) foi significativamente maior comparada à fase pré-teste. No pós-exercício houve redução na PAS e aumento na PAD significativos nas dietas de 30% ( $p < 0.01$ ;  $p = 0.01$ ), 60% ( $p < 0.01$ ;  $p < 0.01$ ) e 80% ( $p < 0.01$ ;  $p < 0.01$ ) comparado aos valores do pré-teste. Em suma, os resultados sugerem que a manipulação dietética de CHO não melhorou o rendimento em relação à ingestão habitual.

**Palavras-chave:** Corrida. Desempenho atlético. Dieta da carga de carboidratos. Exercício aeróbico.

## ABSTRACT

Carbohydrate (CHO) is the main nutrient responsible for energy supply to muscle contraction. For this reason, previous consumption of the nutrient contributes to the glycemic homeostasis maintenance and minimizes muscular and hepatic glycogen stores reduction. With glycogen depletion, energy production decreases which coincide with the onset of fatigue and performance decline. Despite CHO importance, there is a gap in the literature about your recommendation to improve performance in amateur athletes in long-distance running. Therefore, it is relevant to conduct studies that mimic real-life situations and evaluate the CHO intake protocols (30%, 60%, and 80%) effectiveness on the performance in amateur athletes. The purpose of this study was to analyze the effect of norm caloric diet with three CHO percentages (30%, 60%, and 80%) on physiological and biomechanical yield in 5 Km amateur runners. The sample consisted of 10 volunteers (18 to 59 years of age), male, amateur runners at Top Runners Gym in Perdões city, MG. Running test was carried out in a track race of 5000 meters at the Federal University of Lavras by up to 25 minutes. To evaluate food consumption 24-hour Recall was applied. Before and after exercise on the pre-test and 30%, 60%, and 80% CHO diets were assessed food intake, body mass, blood glucose, systolic (SBP) and diastolic blood pressure (DBP). Rating of Perceived Exertion (RPE), pacing, time, and average velocity were measured for each kilometer in the four phases of the study. To analyze the data was used Shapiro- Wilk test to verify the sample distribution and Levene test for the homogeneity of variance. Two-way ANOVA and corresponding non-parametric tests were employed to analyze running performance parameters. Pearson coefficient was used to evaluate the correlation among some variables. In all analyses, the statistical significance was  $p < 0.05$ . The results showed no significant difference among CHO diets. Besides, post-exercise glycemia increased in all dietary protocols, which means that energy demand at the end of the running was probably supplied by hepatic glucose production. The correlation between RPE and time was low in the 30% ( $r: 0.58$ ) and strong in the 80% diet ( $r: 0.83$ ). More CHO on diet (80%) showed a shorter time (0.66%) than the pre-test phase. Velocity increased (2.5%) and the test time reduced (2.3%) in the 80% protocol in comparison to 30%. The pre-exercise DBP in 30% ( $p < 0.05$ ) and 80% diets ( $p < 0.05$ ) was significantly higher compared to the pre-test phase. In post-exercise, there was a reduction in SBP and a significant increase in DBP in the 30% ( $p < 0.01$ ,  $p = 0.01$ ), 60% ( $p < 0.01$ ,  $p < 0.01$ ) and 80% diet ( $p < 0.01$ ,  $p < 0.01$ ), compared with the pre-test values. To conclude, changing dietary CHO suggests not improve athletic performance than the usual intake.

**Keywords:** Running. Athletic performance. Carbohydrate loading diet. Exercise.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Distribuição corporal de carboidrato.....	22
Figura 2 - Escala de Percepção Subjetiva de Esforço.....	24
Figura 3 - Estratégias de corrida em provas de média e longa duração.....	26
Figura 4 – Protocolo de pesquisa.....	37

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Massa corporal dos corredores nos momentos pré-teste e nas dietas de 30%, 60% e 80%.....	43
Gráfico 2 - Comparação do tempo por quilômetro (pacing) nos momentos pré-teste, 30%, 60% e 80%.....	44
Gráfico 3 – Tempo final dos atletas no pré-teste e nas dietas de 30%, 60% e 80%.....	45
Gráfico 4 - Comparação do tempo médio total nos momentos pré-teste, 30%, 60% e 80%... ..	46
Gráfico 5 - Comparação da velocidade média total nos momentos pré-teste, 30%, 60% e 80%. .....	46
Gráfico 6 - Comparação da percepção subjetiva de esforço (PSE) por quilômetro nos momentos pré-teste, 30%, 60% e 80%.....	47
Gráfico 7 - Comparação da média geral da percepção subjetiva de esforço (PSE) nos momentos pré-teste, 30%, 60% e 80%.....	47
Gráfico 8 - Correlação entre percepção subjetiva de esforço e tempo médio por quilômetro gasto no pré-teste. ....	48
Gráfico 9 - Correlação entre percepção subjetiva de esforço e tempo médio por quilômetro gasto no teste de 30%.....	48
Gráfico 10 - Correlação entre percepção subjetiva de esforço e tempo médio por quilômetro gasto no teste de 60%.....	49
Gráfico 11 - Correlação entre percepção subjetiva de esforço e tempo médio por quilômetro gasto no teste de 80%.....	49
Gráfico 12 - Comparação da glicemia nas dietas de 30%, 60% e 80%.....	50

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Principais distâncias das provas de corrida no atletismo.....	19
Quadro 2 - Protocolo dietético.....	41

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Avaliação do consumo alimentar da amostra (n= 10). (Continua). .....	42
Tabela 2 - Tempo médio individual em segundos nos 5 Km no pré-teste e nas dietas de 30%, 60% e 80%.....	45
Tabela 3 - Pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) nos momentos pré-teste, 30%, 60% e 80%.....	50

## LISTA DE ABREVIATURAS

ATP	Adenosina trifosfato
CHO	Carboidrato
DC	Débito cardíaco
FC	Frequência cardíaca
HCHO	High carb
HPE	Hipotensão pós-exercício
Kcal	Kilocaloria
Km	Quilômetro
LCHF	Low carb high fat
LCHO	Low carb
LDH	Lactato desidrogenase
LIP	Lipídio
m	Metros
PA	Pressão arterial
PAD	Pressão arterial diastólica
PAS	Pressão arterial sistólica
PCr	Fosfocreatina
PRO	Proteína
PSE	Percepção Subjetiva de Esforço
Rec24h	Recordatório de 24 horas
RVP	Resistência vascular periférica
SNC	Sistema nervoso central
VCT	Valor calórico total

## SUMÁRIO

	<b>PRIMEIRA PARTE</b> .....	17
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	18
<b>2.1</b>	<b>Corrida</b> .....	18
<b>2.1.1</b>	<b>Aspectos fisiológicos da corrida</b> .....	20
<b>2.2</b>	<b>Parâmetros de controle de treinamento</b> .....	20
<b>2.2.1</b>	<b>Glicemia</b> .....	21
<b>2.2.2</b>	<b>Pressão arterial</b> .....	22
<b>2.2.3</b>	<b>Percepção Subjetiva de Esforço (PSE)</b> .....	23
<b>2.3</b>	<b>Estratégia de ritmo (pacing strategy)</b> .....	24
<b>2.4</b>	<b>Metabolismo de carboidrato no exercício</b> .....	28
<b>2.4.1</b>	<b>Carboidrato e desempenho</b> .....	30
<b>2.4.2</b>	<b>Estratégias nutricionais de ingestão de carboidrato</b> .....	32
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	35
<b>3.1</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	35
<b>3.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	35
<b>4</b>	<b>CASUÍSTICA E MÉTODOS</b> .....	36
<b>4.1</b>	<b>Casuística</b> .....	36
<b>4.2</b>	<b>Critérios de inclusão</b> .....	36
<b>4.3</b>	<b>Critérios de exclusão</b> .....	36
<b>4.4</b>	<b>Delineamento experimental</b> .....	36
<b>4.5</b>	<b>Avaliação do consumo alimentar</b> .....	38
<b>4.6</b>	<b>Avaliação da massa corporal</b> .....	39
<b>4.7</b>	<b>Avaliação da pressão arterial</b> .....	39
<b>4.8</b>	<b>Avaliação da Percepção Subjetiva de Esforço (PSE)</b> .....	39
<b>4.9</b>	<b>Avaliação da glicemia</b> .....	39
<b>4.10</b>	<b>Protocolo dietético</b> .....	40
<b>4.11</b>	<b>Protocolo do teste de corrida</b> .....	41
<b>4.12</b>	<b>Análise estatística</b> .....	42
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	42

5.1	Caracterização da amostra .....	42
5.2	Parâmetros de corrida: tempo, pacing e velocidade .....	44
5.3	Controle de treinamento: pressão arterial, PSE e glicemia .....	46
6	DISCUSSÃO .....	51
7	CONCLUSÃO.....	57
	REFERÊNCIAS .....	59
	SEGUNDA PARTE - ARTIGO .....	67
	ARTIGO - Changing Patterns of Carbohydrate Diet Not Improve Performance of Amateur Runners.....	67
	APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	84
	APÊNDICE B - Recordatório de 24 h .....	86
	APÊNDICE C – Protocolos dietéticos de CHO.....	88
	APÊNDICE D - Tempo total e por quilômetro dos corredores. (continua) .....	89
	ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética .....	90

## **PRIMEIRA PARTE**

### **1 INTRODUÇÃO**

A corrida como modalidade esportiva está cada vez mais popular. No Brasil, o número de adeptos tem aumentado significativamente nos últimos anos (BRASIL, 2016). Na busca de melhores condições de saúde e rendimento, atletas cuja profissão é o esporte investem na nutrição, sobretudo para potencializar o desempenho (GOSTON, MENDES, 2011).

Embora as recomendações nutricionais para a população e praticantes de atividade física (sem objetivo de performance) sejam iguais, a demanda de macronutrientes e de energia para atletas é superior. A recomendação diária de carboidrato (CHO) para a população é de 45% a 55% do valor calórico total (VCT) da dieta, o que equivale de 3 a 5 g/Kg/dia enquanto para atletas de exercícios intensos em quantidades moderadas (2 a 3 horas/dia durante 5 a 6 vezes/semana) varia entre 55% a 65% das calorias da dieta ou 5 a 8 g/Kg/dia. Em termos de necessidade energética, a população e o mesmo grupo de atletas requerem de 25 a 35 Kcal/Kg/dia e 40 a 70 Kcal/Kg/dia, respectivamente (KERKSICK et al., 2018).

No âmbito esportivo, inúmeros estudos descrevem o papel do CHO na performance. Pesquisadores afirmam que o nutriente atua como substrato energético e pode reduzir a depleção de glicogênio muscular, considerado um dos fatores desencadeadores da fadiga muscular e, conseqüentemente da queda de desempenho em exercícios de maior intensidade e de longa duração que ultrapassam uma hora (LIMA-SILVA et al., 2007; CHEN et al., 2008; RODRIGUES et al., 2009; HULSTON et al., 2010).

Na tentativa de elucidar qual estratégia nutricional melhora o desempenho atlético, tem-se empregado protocolos dietéticos com alto e baixo percentual de CHO antes do exercício. Nesse contexto, dietas restritas em CHO promovem respostas adaptativas ao exercício como aumento na expressão de enzimas oxidativas, da biogênese mitocondrial e maior atividade do metabolismo lipídico, mas nem sempre demonstram melhora no rendimento (BURKE et al., 2011; BARTLETT, HAWLEY, MORTON, 2014; BURKE et al., 2018).

Ao contrário, dietas ricas em CHO estão relacionadas à manutenção da homeostase glicêmica, a maior disponibilidade de energia para a contração muscular, a repleção de glicogênio e ao aumento da taxa de oxidação de CHO. Todos esses fatores, em conjunto, contribuem para a continuidade do exercício e o desempenho (RODRIGUEZ et al., 2009; NEWELL et al., 2018). Nessa perspectiva, pesquisas recentes têm investigado o efeito da

ingestão prévia de cargas distintas de CHO no rendimento de atletas de diferentes modalidades esportivas (CERMAK, VAN LOON, 2013; CHOLEWA, NEWMIRE, ZANCHI, 2018).

Apesar da relevância do CHO na performance observa-se uma lacuna quanto à recomendação nutricional para corredores amadores (atletas não profissionais) de longas distâncias (acima de 3000 metros (m)). Logo, torna-se necessário examinar diferentes padrões de consumo do nutriente a fim de avaliar a possibilidade de estabelecer parâmetros que possam influenciar o rendimento para esse grupo de atletas.

Diante do exposto, analisar o efeito de dietas com reduzido (30%), médio (60%) e elevado (80%) percentual de CHO sobre variáveis de controle do exercício (tempo, velocidade e pacing) e de treinamento (pressão arterial, glicose e Percepção Subjetiva de Esforço) em corredores amadores de 5 Km pode fornecer subsídios para a inclusão de parâmetros dietéticos capazes de influenciar positivamente o rendimento. Em suma, o estudo pretende confirmar a hipótese de que dietas ricas em CHO (80%) representam a opção dietética mais adequada para o desempenho de corredores amadores de longas distâncias comparadas às dietas de 30% e 60%.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Os temas abordados neste referencial teórico são “Corrida”, “Aspectos fisiológicos da corrida”, “Glicemia”, “Pressão arterial”, “Percepção Subjetiva de Esforço”, “Estratégia de ritmo (pacing strategy)”, “Metabolismo do carboidrato no exercício”, “Carboidrato e desempenho” e “Estratégias nutricionais de ingestão de carboidrato” com o objetivo de contextualizar o consumo de CHO e sua influência no desempenho de corredores amadores de longas distâncias.

### **2.1 Corrida**

A primeira evidência de que o homem primitivo corria está registrada em uma pintura de dois corredores em um vaso da civilização micênica do século 16 a.C. Na antiguidade, o homem na busca pela sobrevivência, caçava e coletava alimentos retratando, dessa forma, atividades relacionadas à prática da corrida (DALLARI, 2009).

Considerada uma modalidade esportiva do atletismo, a International Association of Athletics Federations<sup>1</sup> – IAAF (2018) divide as provas de corrida de acordo com a distância percorrida: provas de velocidade de 100, 200 e 400 m, provas de meio fundo de 800 e 1.500 m, provas de fundo de 5.000 e 10.000 m e maratona de 42.195 m conforme mostrado no Quadro 1.

Quadro 1 - Principais distâncias das provas de corrida no atletismo.

100 m rasos	800 m	110 m com barreiras	Revezamento 4 x 100 m
200 m rasos	1.500 m	400 m com barreiras	Revezamento 4 x 400 m
400 m rasos	5.000 m	3.000 m com obstáculos	Maratona 42.195 Km
	10.000 m		Marcha atlética (20 Km ou 50 Km)

Fonte: IAAF, 2018.

No cenário atual, a corrida figura na lista das atividades físicas mais praticadas no Brasil. Para exemplificar, em uma pesquisa realizada pelo Ministério do Esporte, 6.5% dos entrevistados reportaram a corrida como a atividade física mais praticada no ano de 2013, sendo 11.90% de homens e 4.20% de mulheres. No mesmo estudo, investigaram quais as principais motivações para a prática de esporte ou atividade física dentre nove opções. As alternativas mais assinaladas foram melhora do desempenho físico, da qualidade de vida e do bem-estar (BRASIL, 2016).

Ainda dentro do atletismo, as corridas de rua ou pedestrianismo são reconhecidas como um fenômeno sociocultural contemporâneo. Desde seu surgimento no século XVIII, na Inglaterra, as corridas de rua disseminaram ao redor do mundo com disputas em estradas, avenidas e circuitos de rua com distâncias variando entre 5 e 100 Km. Apesar do caráter competitivo, o comportamento participativo da corrida de rua merece destaque (SALGADO, CHACON-MIKAHIL, 2006).

De fácil acesso e baixo custo para a população, essa modalidade esportiva tem registrado crescimento no número de participantes. Para comprovar a popularidade, a Corrida Internacional de São Silvestre, na cidade de São Paulo, reuniu em 2017 mais de 30 mil corredores de 40 países (BARZAGHI, 2019). No mesmo ano foram realizadas 435 corridas de rua no estado de São Paulo, 11 a mais que 2016 representando um aumento de 2.59% (FEDERAÇÃO PAULISTA DE ATLETISMO, 2019).

<sup>1</sup>Associação Internacional de Federações de Atletismo

### **2.1.1 Aspectos fisiológicos da corrida**

Parâmetros aeróbicos e anaeróbicos influenciam o desempenho na corrida. Em corridas de média distância (800 a 3000 m), a associação entre trabalho cardiovascular e produção de energia aeróbia explica a variação na performance. Dentre as variáveis fisiológicas, o volume máximo de oxigênio ( $VO_2$ máx), a economia de corrida e a fração de utilização de  $O_2$  são os principais determinantes no rendimento. Por outro lado, a participação de fontes anaeróbicas de energia parece explicar diferenças fisiológicas existentes entre corredores de média e longa distância (BLAGROVE, HOWATSON, HAYES, 2018).

Ademais, o alcance de longas distâncias está correlacionado à taxa de produção de energia aeróbia igual ou acima a velocidade de corrida correspondente ao limiar anaeróbio. Embora esse cenário favoreça o rendimento esportivo, a chance de fadiga sofre um aumento (MO, CHOW, 2018).

Referente ao sexo, assim como em outros esportes, atletas do sexo masculino apresentam melhor desempenho em corridas de longas distâncias quando comparado às mulheres. Fato justificado pelas diferenças fisiológicas entre os sexos, visto que homens ostentam maior massa e força muscular, além de um  $VO_2$ máx mais elevado. Com o avanço da idade ocorre um declínio na velocidade de corrida em ambos os sexos, porém de forma mais acentuada nas mulheres (SENEFELF, JOYNER, HUNTER, 2016).

Relacionando corrida ao fator etário, corredores mais experientes (acima de 35 anos), semelhante aos participantes deste estudo, experimentam mesmo que tardiamente queda na performance. Comparados aos indivíduos sedentários, eles mantêm a função aeróbia e a força muscular por mais tempo. Todavia, após os 50 anos, há um declínio estável no rendimento impulsionado pela redução da capacidade muscular, pelo declínio da função cardiovascular, alteração biomecânica e pela maior suscetibilidade a lesões musculares (WILLY, PAQUETTE, 2019).

## **2.2 Parâmetros de controle de treinamento**

O desempenho em corridas de média e longa distância pode ser estimado a partir de parâmetros fisiológicos. No entanto, essas variáveis sofrem interferência da intensidade do exercício afetando o rendimento. Com base nesse contexto, parâmetros metabólicos têm sido utilizados para atender três finalidades: prescrever treinamentos de acordo com a demanda do exercício, selecionar indivíduos com características favoráveis a determinados esportes e prever o desempenho (OLIVEIRA et al., 2006).

### 2.2.1 Glicemia

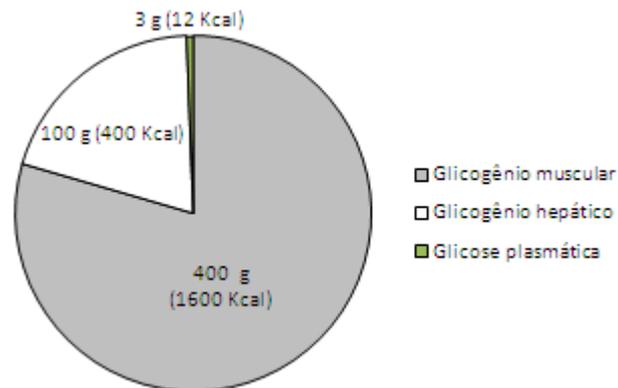
A glicose é o principal combustível do exercício. De origem exógena proveniente do CHO da dieta e endógena derivada da degradação hepática e muscular de glicogênio (glicogenólise) ou da produção de glicose (gliconeogênese) a partir de precursores glicogênicos como glicerol, lactato e alguns aminoácidos no fígado. A demanda por glicose aumenta à medida que a intensidade e a duração do exercício aumentam (WEBSTER et al., 2016).

Em atividades intensas ou de longa duração ocorre ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, seguida da secreção de hormônios hiperglicemiantes, como glucagon, adrenalina e cortisol, conhecidos como contrarregulatórios, que induzem a produção hepática de glicose elevando a glicemia durante o exercício. Esse processo mediado pela enzima AMP-quinase depende do aumento da produção de AMP a partir do ATP (adenosina trifosfato) utilizado pelos músculos. Em paralelo, o próprio exercício estimula o transporte da glicose do sangue para o músculo garantindo a não interrupção da atividade física (KESELMAN et al, 2017).

Do contrário, a escassez de glicose causa depleção de glicogênio muscular afetando a ressíntese de ATP indispensável para prolongar o tempo de exercício (LIMA-SILVA et al, 2007). Além disso, a redução na concentração de glicogênio no músculo está diretamente relacionada com o início da fadiga, um importante contribuinte para a queda de desempenho em atividades de longa duração (CHEN et al, 2008).

Baseado no conhecimento de que as reservas de glicogênio muscular e hepático são limitadas, com concentrações em torno de 400 g ou 1.5 g/100 g de músculo e aproximadamente 100 g de glicogênio no fígado em um indivíduo de 80 Kg (FIGURA 2), estudos reportam correlação positiva entre duração/intensidade do exercício e o consumo de CHO no pré-exercício (SKEIN et al., 2012; WILLIAMS, ROLLO, 2015).

Figura 1 – Distribuição corporal de carboidrato.



Fonte: McArdle, Katch I., Katch L., 2003.

### 2.2.2 Pressão arterial

Os benefícios da prática regular de exercícios físicos incluem redução no risco de doenças crônicas não transmissíveis, especialmente as cardiovasculares; tratamento de distúrbios metabólicos (resistência à insulina e dislipidemia); além de melhora da qualidade de vida. No tocante ao controle da pressão arterial (PA), os exercícios aeróbicos (corrida, caminhada) são os mais indicados (KIM et al., 2015; KIM Y, KIM C, PARK, 2016).

A manutenção dos níveis pressóricos é regulada pela integração entre débito cardíaco (DC), resistência vascular periférica (RVP), volume sanguíneo, elasticidade das artérias e viscosidade do sangue. O DC, representado pelo produto da frequência cardíaca (FC) e do volume de ejeção sistólico, aumenta durante o exercício especialmente nos indivíduos treinados. Como parâmetro hemodinâmico, a pressão arterial sistólica (PAS) é determinada pela pressão exercida pelo volume sanguíneo durante a sístole do ventrículo esquerdo. Por sua vez, a pressão arterial diastólica (PAD) representa o batimento cardíaco em função da RVP (PASSARO, 1997).

Especificamente em atletas em situação de repouso, eles apresentam bradicardia por causa da atividade parassimpática cardíaca eferente aumentada resultante de adaptações autonômicas associadas à atividade aeróbia. No exercício, o volume de ejeção é determinado pelo volume diastólico final, catecolaminas circulantes, atividade simpática eferente e pela pós-carga. Comparado a indivíduos sedentários, os atletas possuem um volume de ejeção maior em qualquer intensidade do exercício justificado pelo maior volume ventricular e pela menor FC, garantindo um volume diastólico final maior (PATIL, KARVE, DICARLO, 1993).

Durante a fase de aquecimento do exercício ocorre elevação do fluxo sanguíneo e ativação do sistema nervoso simpático. O resultado é o aumento da PAS nos primeiros dois minutos, seguida da fase de equilíbrio. No momento seguinte, a intensidade do treino determina o nível da PAS. Diferentemente, a PAD reduz ou permanece inalterada durante a atividade porque a RVP diminui em função da vasodilatação, apesar do aumento dos batimentos cardíacos. Após o término do exercício ocorre redução instantânea da PA abaixo dos valores de repouso, fenômeno conhecido como hipotensão pós-exercício (HPE). Nessa fase de recuperação, a PA experimenta um declínio contínuo, exceto entre o segundo e quarto minuto, período em que a redução em termos percentuais é menor (KENNEY, SEALS, 1993; PATIL, KARVE, DICARLO, 1993; PASSARO, 1997; LIZARDO et al., 2007; ANUNCIAÇÃO, POLITO, 2010).

### **2.2.3 Percepção Subjetiva de Esforço (PSE)**

Os primeiros estudos sobre percepção de esforço datam do final da década de 1950. Na época, as pesquisas relacionadas à psicologia e esporte limitavam a descrever motivação, personalidade e desempenho psicomotor. A partir de então, iniciou-se uma nova era de estudos abordando o quanto a percepção aumentava com a intensidade do exercício empregando modelos matemáticos (BORG, NOBLE, 1974).

Em 1982, Gunnar Borg publicou a escala de PSE elaborada a partir de um “ratio-scaling methods”, ou seja, um método que utiliza uma métrica similar às áreas da física e da fisiologia. A escala de Borg apresenta uma descrição escalonada com valores numéricos de 0 a 10, seguida da definição como mostrado na FIGURA 3.

No início, o objetivo da escala era facilitar o entendimento de como os indivíduos percebiam o próprio esforço físico no trabalho e em atividades recreacionais através de sinais emitidos pelo sistema cardiorrespiratório e muscular (BORG, 1982).

Por associar subjetividade a variáveis fisiológicas (frequência cardíaca, força muscular, taxa respiratória, ventilação, concentração de lactato sanguíneo e consumo de oxigênio), a PSE avalia o esforço durante o exercício, assim como auxilia na prescrição de treinamento e na estratégia de ritmo (pacing strategy) (TUCKER, 2009).

Figura 2 - Escala de Percepção Subjetiva de Esforço.

Escala de Borg	
0	Nada
0.5	Extremamente leve
1	Muito leve
2	Leve
3	Moderado
4	Um pouco forte
5	Forte/Intenso
6	
7	Muito forte
8	
9	
10	Extremamente forte

Fonte: Borg, 1982.

O aumento da percepção do esforço durante o exercício sugere o declínio da concentração de glicogênio e prediz o tempo de desempenho conforme as alterações nos valores da PSE até seu limite máximo tolerável. Sabe-se que o aumento abrupto da percepção de esforço no final do exercício indica níveis críticos de glicogênio muscular. Contudo, em níveis satisfatórios ou reduzidos de substrato energético, a variação da PSE é linear. Nesse sentido, infere-se que a percepção de esforço está negativamente correlacionada à depleção de glicogênio muscular. Logo, o percentual de CHO da dieta associado à PSE pode modificar a estratégia de ritmo nos exercícios de longa duração e melhorar o desempenho do atleta. Ademais, dietas ricas em lipídios (LIP) também aumentam os valores da PSE (NOAKES, 2004).

Em treinos e/ou competições de esportes cujo sistema aeróbio de energia é predominante, o uso da PSE pode sinalizar fadiga ou diminuição da capacidade física do atleta (HAMPSON et al., 2001; TUCKER; NOAKES, 2009). Em geral, a aplicação da PSE minimiza o risco de danos musculares em atletas submetidos a exercícios extenuantes.

### 2.3 Estratégia de ritmo (pacing strategy)

Por definição, estratégia de ritmo (pacing strategy) representa os ajustes de velocidade durante um exercício. Em outras palavras, a maneira como o atleta distribui a energia e o trabalho ao longo da corrida determina a estratégia de corrida, a qual influencia significativamente o resultado da prova (ABBIS, LAURSEN, 2008; DO CARMO et al., 2012;

DO CARMO et al., 2015). Durante corridas de média e longa duração, a estratégia de ritmo é classificada de acordo com a distribuição da velocidade ao longo do exercício, conforme descrito abaixo e mostrado na Figura 4.

- Estratégia constante: o atleta mantém (ou altera pouco) a velocidade no decorrer da prova;
- Estratégia positiva: o atleta diminui a velocidade ao longo da prova;
- Estratégia negativa: o atleta aumenta a velocidade ao longo da prova;
- Estratégia all-out: o atleta mantém o nível máximo de esforço durante toda a prova;
- Estratégia variável: não obedece a um padrão e contém oscilações ao longo da prova.

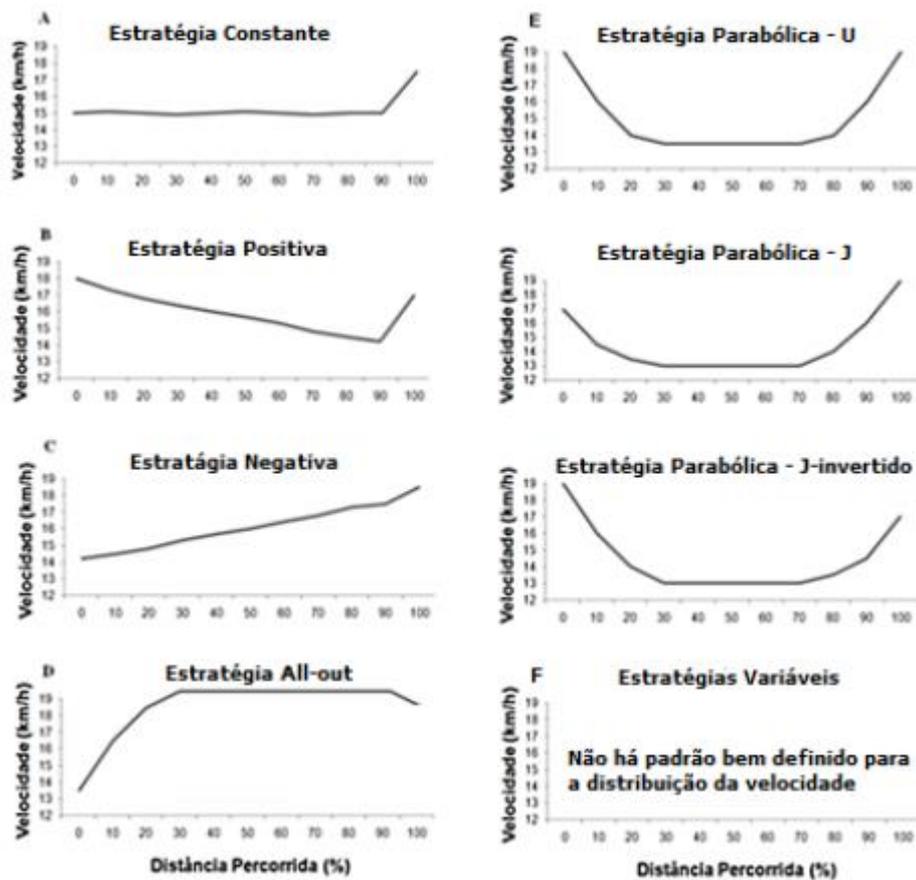
Existe a estratégia parabólica com três padrões distintos:

- Padrão em “U”: início e final da prova mais rápido que o percurso intermediário;
- Padrão em “J”: início forte, queda no percurso intermediário e final mais forte que o início;
- Padrão em “J” invertido: início forte, declínio no percurso intermediário e aumento da velocidade no final da prova, porém inferior ao início da prova.

Em corridas de longa distância tem sido usualmente utilizada a estratégia parabólica no padrão U, indicando que a velocidade no início e no final da prova são maiores quando comparada aos quilômetros intermediários, como descrito em um estudo em que a maioria dos recordistas mundiais adotaram a estratégia de corrida em U em provas de 5.000 m, entre os anos de 1921 a 2004 (TUCKER, LAMBERT, NOAKES, 2006).

No entanto, o que se observa é que independente do ritmo adotado pelo atleta, a melhor estratégia de corrida deve poupar substrato energético para os momentos finais da prova (sprint final) garantindo o menor tempo. Com esse propósito, modelos teóricos sobre estratégia de ritmo explicam como fatores fisiológicos e psicológicos interferem na intensidade do esforço em corridas de média e longa duração (DO CARMO et al., 2012; FRANCO-ALVARENGA et al., 2018).

Figura 3 - Estratégias de corrida em provas de média e longa duração.



Fonte: Do Carmo et al., 2012; Alves, 2016.

Alterações fisiológicas e metabólicas influenciam no ajuste da velocidade durante a corrida. O modelo antecipatório pressupõe a conexão entre variáveis fisiológicas periféricas (reserva de glicogênio, temperatura corporal, frequência cardíaca, condição cardiorrespiratória) e o sistema nervoso central (SNC) cuja interpretação estabelece a intensidade do esforço no exercício. Durante a prova, o comando central garante a homeostase do organismo mantendo a PSE reduzida, o que diminui a chance de desordens metabólicas e minimiza o risco de fadiga prematura, sobretudo em provas de resistência (TUCKER, NOAKES, 2009; DO CARMO et al., 2012).

Adicionalmente, fatores psicológicos como motivação, experiência prévia do atleta e características da prova (distância) auxiliam o SNC a controlar a intensidade do exercício. Em conjunto, variáveis fisiológicas e psicológicas determinam as condições do organismo durante o exercício, além de permitir ao cérebro calcular a PSE ao longo do exercício, possibilitando o

planejamento do ritmo momento a momento (TUCKER, NOAKES, 2009; DO CARMO et al., 2012; FRANCO-ALVARENGA et al., 2018).

Já o modelo de risco de fadiga prematura (Hazard Score) baseia-se no produto da PSE momentânea e a distância restante de prova cujo valor adverte sobre o risco de fadiga antes do término da corrida (DO CARMO et al., 2012). De Koning e colaboradores (2011) sugerem aumentar a potência no exercício quando, em um dado momento, os valores forem menores que 1.5. Valores entre 1.5 e 3.0 recomendam manutenção da intensidade no exercício. Em contrapartida, valores superiores a 3.0 alertam para a redução do ritmo sob o risco de fadiga prematura.

Como a estratégia de ritmo é regulada para evitar fadiga, a economia de substrato intramuscular colabora para o aumento do esforço no exercício. Nesse sentido, a disponibilidade de energia representa um fator limitante do desempenho. Estudos apontam que a depleção de glicogênio muscular e hepático está diretamente correlacionada ao início da fadiga (CHEN et al., 2008; COLOMBANI, MANNHART, METTLER, 2013). Por esse motivo, a manipulação dietética visa aumentar o estoque de energia, ao mesmo tempo em que contribui para a elevação da intensidade da corrida próxima do término da prova (TUCKER, NOAKES, 2009; DO CARMO et al., 2012).

Outro fator fisiológico limitante do rendimento esportivo é a temperatura ambiente. Altas temperaturas (30°C - 40°C) comparadas a baixas temperaturas (3°C - 20°C) reduzem o volume sanguíneo e o débito cardíaco causando menor aporte de oxigênio e nutrientes ao músculo, o que afeta a performance nos exercícios de longa duração (TUCKER, NOAKES, 2009; ROELANDS et al., 2013).

Ademais, o modelo denominado template de PSE compara a PSE atual e a PSE esperada em momentos específicos conforme as condições do exercício. Nessa situação, a experiência prévia do esportista define qual a percepção de esforço esperada para um determinado período do exercício. Na prática, o atleta ajusta a velocidade de corrida conforme o esforço percebido, ou seja, se o esforço percebido for alto, a intensidade do exercício será diminuída ou se o esforço for baixo, a intensidade será aumentada. Esse modelo tem sido utilizado para determinar o ritmo de prova em cada momento da corrida (DO CARMO et al., 2012; RENFREE et al., 2014).

Entretanto, quando o atleta dentre várias alternativas escolhe um comportamento como estratégia de ritmo aplica-se o modelo de tomada de decisão racional. Esse modelo consiste em assumir riscos para alcançar um desfecho específico na prova. Para isso, as condições

fisiológicas do atleta e as características prévias da prova (distância, duração) devem ser conhecidas. A implicação desse modelo reflete na dificuldade de calcular riscos a cada momento do exercício, visto que as circunstâncias da corrida mudam ao longo do tempo (RENFREE et al., 2014).

Sob outra perspectiva, a tomada de decisão intuitiva revela respostas, emocional e instintiva, induzidas por alterações metabólicas resultantes do exercício. Esse modelo expressa a inteligência emocional do atleta para compreender mudanças na PSE. Como consequência, esse modelo assume estratégias de ritmo variadas, uma vez que para o mesmo exercício, a percepção de esforço pode mudar conforme o estado psicológico/emocional do atleta (MICKLEWRIGHT et al., 2015; FRANCO-ALVARENGA et al., 2018).

Analisando em termos de rendimento, a depender do comportamento do atleta em provas de corrida observa-se o retardo na fadiga muscular, a otimização no uso de substratos energéticos e no consumo de O<sub>2</sub> associado ao melhor balanço na produção e na remoção de lactato, na razão ATP/ADP e no recrutamento de fibras musculares cujos efeitos repercutem na melhora do desempenho (BISHOP, BONETTI, DAWSON, 2002; FOSTER, 2003; DO CARMO, 2015; WU, 2015).

Logo, pelo número de modelos teóricos sobre estratégia de ritmo é compreensível que diferentes atletas não sigam a mesma estratégia de corrida. Respostas fisiológicas e psicológicas justificam esse cenário, ou seja, dependendo da resposta do atleta ao estresse, o mesmo exercício realizado em condições idênticas pode apresentar percepção de esforço diferente o que altera a estratégia de ritmo. Porém, para a mesma estratégia de corrida, o rendimento pode não ser igual em virtude da individualidade biológica do atleta (DO CARMO et al., 2012). Por fim, compreender como aspectos fisiológicos e psicológicos interagem e influenciam os diferentes tipos de estratégia de corrida permite analisar o ritmo adotado por atletas em corridas de longas distâncias.

#### **2.4 Metabolismo de carboidrato no exercício**

A ingestão de cereais, raízes, tubérculos e frutas representa a principal fonte exógena de CHO. A digestão inicia na boca e inclui a participação de enzimas pancreáticas e intestinais. Após a conversão dos açúcares ocorre absorção de glicose, galactose e frutose via transportadores específicos no intestino (CHOLEWA, NEWMIRE, ZANCHI, 2018).

Único CHO a circular no organismo, a taxa de oxidação de glicose varia de 0.8 a 1.0 g/minuto ou 60 g/hora. Contudo, quando dois tipos de CHO (glicose + frutose) são ingeridos

ao mesmo tempo, esse valor pode aumentar para 1.5 g/minuto ou ser superior a 105 g/hora com o uso de múltiplos transportadores intestinais (JEUKENDRUP, 2010; PEINADO, ROJO-TIRADO, BENITO, 2013; KERKSICK et al., 2018).

O músculo para contrair depende de energia na forma de ATP. Nesse sentido, a glicose atua como o principal combustível para a contração muscular e está presente na forma de glicogênio no músculo (~ 400 g) e no fígado (~ 100 g) (CHOLEWA, NEWMIRE, ZANCHI, 2018). Em termos energéticos, a oxidação do glicogênio muscular e da glicose sanguínea gera 6.3 mols de ATP contra 5.6 mols via oxidação de gorduras. Em exercícios realizados a 30% do  $VO_2$ máx, 10% a 15% da energia provém da oxidação de CHO; esse valor sobe para 70% a 80% com o  $VO_2$ máx próximo a 85% e em exercícios de maior intensidade chega a 100% (PEINADO, ROJO-TIRADO, BENITO, 2013).

A ingestão de CHO antes ou durante exercícios de longa duração auxilia na manutenção da glicemia, no menor consumo de glicogênio pelo músculo e contribui para o aumento da oxidação de CHO nos momentos finais de prova (PEINADO, ROJO-TIRADO, BENITO, 2013). Por outro lado, o aumento da intensidade do exercício estimula maior atividade adrenérgica e supressão da insulina, ativando a glicogenólise e a gliconeogênese hepática mediada pelo glucagon. Como consequência, a disponibilidade de glicose para o músculo em contração aumenta (OLIVEIRA et al. 2006).

Comumente, durante o treino o consumo de soluções eletrolíticas a base de CHO mantém a glicemia, aumenta a capacidade oxidativa do músculo, auxilia funções centrais e periféricas e melhora a resposta do SNC à fadiga (EARNEST et al., 2018). Uma vez que a depleção de glicogênio muscular coincide com o início da fadiga, o consumo de CHO antes e durante o exercício retarda o tempo de exaustão e melhora a performance (CHEN et al., 2008; WILLIAMS, ROLLO, 2015).

Em exercícios anaeróbios à medida que o glicogênio muscular é consumido, a utilização de glicose sanguínea aumenta. Nesse instante, o metabolismo glicolítico anaeróbio torna-se predominante resultando no aumento da concentração de íons  $H^+$  e lactato. Em excesso, a competição entre os íons  $H^+$  e cálcio pelo sítio de ligação da troponina ou a inibição da enzima glicolítica fosfofrutocinase pelo hidrogênio prejudica a contração do músculo causando fadiga (CHOLEWA, NEWMIRE, ZANCHI, 2018).

Em exercícios submáximos, o consumo de glicogênio muscular é maior em detrimento do consumo de gordura, porém, à medida que a duração da prova aumenta a oxidação de ácido graxo também aumenta. Como desvantagem, a energia originada das gorduras não

mantém o rendimento. Em exercícios de 30 a 180 segundos, o ATP origina-se da glicólise, com o consumo de glicogênio muscular representando 20% nos primeiros 30 segundos, e 70% entre 120 a 180 segundos (PEINADO, ROJO-TIRADO, BENITO, 2013).

Na corrida, a energia do sprint é fornecida pela degradação do glicogênio (glicogenólise) e da fosfocreatina (PCr) intramuscular. Apesar de o metabolismo anaeróbio do glicogênio ser mais rápido comparado ao aeróbio, a geração de ATP é 12 vezes menor. Em contraste, com o aumento da duração do exercício, o mecanismo aeróbio torna-se predominante devido à capacidade aumentada do músculo de oxidar ácido graxo e produzir ATP. Em função da alta intensidade do exercício, metade do ATP deriva da glicogenólise, enquanto 48% da degradação da PCr e apenas 2% do estoque de ATP do músculo (WILLIAMS, ROLLO, 2015).

#### **2.4.1 Carboidrato e desempenho**

Existe uma relação entre consumo de CHO, concentração de glicogênio e desempenho (JEUKENDRUP, 2017). No entanto, somente na década de 60 foram realizadas as primeiras pesquisas relacionando manipulação dietética de CHO com o aumento na concentração de glicogênio muscular e retardo no tempo de exaustão em exercícios de intensidade moderada (CHOLEWA, NEWMIRE, ZANCHI, 2018).

A princípio investigou-se a concentração inicial de glicogênio muscular no início do exercício. Observaram redução de glicogênio nos exercícios prolongados, mas também nas atividades de baixa intensidade (AHLBORG et al., 1967). Em 1966, os pesquisadores começaram as primeiras discussões sobre como aumentar a reserva de glicogênio no músculo. Eles notaram que a taxa de síntese de glicogênio muscular era dependente da dieta administrada, ou seja, dieta rica ou restrita em CHO poderia aumentar ou reduzir a concentração de glicogênio, respectivamente (BERGSTROM, HULTMAN, 1972).

Nos primeiros estudos sobre os efeitos da manipulação dietética, os pesquisadores verificaram o aumento da concentração de glicogênio muscular após dieta com alto percentual em CHO. Para exemplificar, estudantes de educação física após consumirem duas dietas, mista e rica em CHO, apresentaram quantidade superior de glicogênio no músculo na dieta rica em CHO comparada à mista (35.2 g/Kg versus 17.7 g/Kg de músculo seco), além de melhor rendimento em uma corrida de 30 Km. Todavia, não foi provado se a concentração inicial de glicogênio muscular foi determinante para o resultado da prova (KARLSSON, SALTIN, 1971).

Em outro estudo pioneiro, o conteúdo de glicogênio teve variação de 0.6 a 4.7/100 g de músculo após a ingestão de dieta mista (proteína (PRO)/lipídio) e rica em CHO. A redução da concentração inicial de glicogênio muscular foi correlacionada ao tempo de execução do cicloergômetro. Nesse experimento foi demonstrado que a capacidade de realizar exercícios intensos e/ou de longa duração foi determinada pela quantidade de glicogênio no músculo em contração (BERGSTROM et al., 1967).

Apesar da forte correlação entre a carga de CHO e o aumento da concentração de glicogênio no músculo, sobretudo em exercícios submáximos acima de 90 minutos, os fatores e os mecanismos subjacentes que interferem na cinética do glicogênio não estão completamente esclarecidos (CHEN et al., 2008).

Contudo, inúmeros estudos têm investigado os efeitos positivos da manipulação dietética de CHO no desempenho. Por exemplo, Atkinson et al. (2011) verificaram que o consumo de CHO acima de 7 g/Kg no dia anterior à Maratona de Londres (2009) aumentou em 6.3% a velocidade da corrida comparado ao grupo com percentual de ingestão inferior (< 7 g/Kg).

Em estudos envolvendo restrição de CHO foram observados resultados similares no rendimento de atletas de elite, praticantes de endurance, após quatro semanas de manipulação dietética com 13% e 72% de CHO (GEJL et al., 2017). Analisando o treinamento intervalado de alta intensidade (HIT) em ciclistas bem treinados, mesmo com o tempo de prova similar ao grupo com maior conteúdo de glicogênio, a depleção de glicogênio muscular prejudicou a intensidade do exercício, (YEO et al., 2008; HULSTON et al., 2010).

Diante de resultados divergentes quanto à manipulação de CHO, a literatura continua discutindo o efeito ergogênico do nutriente. Na atualidade, especula-se que o mecanismo responsável pela ação ergogênica parece estar relacionado à resposta do SNC ao exercício (CERMAK, VAN LOON, 2013; STELLINGWERFF, COX, 2014). Associado a essa afirmação, testes de performance tem sido realizados em jejum sob a alegação de o estado de equilíbrio ser facilmente reproduzível comparado ao período absorptivo. Entretanto, essa análise não reflete situações reais de competição, somado ao fato de a restrição no consumo de CHO predispor o atleta à depleção de glicogênio hepático e muscular, afetando negativamente o rendimento (COLOMBANI, MANNHART, METTLER, 2013).

#### 2.4.2 Estratégias nutricionais de ingestão de carboidrato

Para exercícios com duração inferior a 60 minutos presume-se que os estoques corporais de CHO atendam a necessidade energética da maior parte das atividades. Em contrapartida, em períodos de treinamento intenso a demanda de CHO pode alcançar 60% a 70% do VCT da dieta (RODRIGUES et al., 2009). Segundo Kerksick et al. (2018), a recomendação nutricional de CHO para atletas praticantes de exercícios intensos em quantidades moderadas é de 5 a 8 g/Kg/dia e para exercícios intensos (3 a 6 horas/dia durante 5 a 6 vezes/semana) de 8 a 10 g/Kg/dia. De três a quatro horas antes do exercício, o consumo entre 200 a 300 g de CHO contribui para a performance (RODRIGUEZ et al., 2009).

Para potencializar a ressíntese de glicogênio muscular após o exercício, diretrizes recomendam o consumo de CHO acima de 8 g/Kg/dia ou, pelo menos, 1.2 g/Kg/hora nas primeiras quatro horas de recuperação (KERKSICK et al., 2018). O consumo imediato de CHO após o exercício deve ser priorizado para otimizar a reposição de glicogênio muscular, pois nesse período o fluxo sanguíneo no músculo está aumentado, a enzima glicogênio sintase ativada e existe maior sensibilidade à ação da insulina (SILVA, MIRANDA, LIBERALI, 2008; RODRIGUES et al., 2009; WILLIAMS, ROLLO, 2015). Caso a reposição não ocorra nas primeiras horas após o exercício, a síntese de glicogênio pode diminuir em até 50% (SILVA, MIRANDA, LIBERALI, 2008).

Para beneficiar o desempenho, a ingestão ótima de CHO deve considerar o horário, a quantidade, o tipo, a taxa de oxidação do nutriente e a ausência de desconforto gastrointestinal. Já a quantidade indicada para consumo depende do sexo, das condições ambientais, do esporte e do gasto energético, devendo suprir as necessidades do exercício (tipo, duração e intensidade) (RODRÍGUEZ, DI MARCO, LANGLEY, 2009). Durante a prática esportiva, a tolerância gastrointestinal determina a quantidade e a concentração de CHO a ser ingerido (WILSON, 2016; JEUKENDRUP, 2017).

Referente à melhora de rendimento, algumas estratégias nutricionais têm sido empregadas. Com alta disponibilidade de CHO endógeno e/ou exógeno, as dietas ricas em CHO (HCHO) visam atender a demanda do músculo em exercício (BURKE et al., 2018; BURKE et al. 2011). Um exemplo é a dieta de supercompensação de CHO. No passado, o protocolo dietético incluía três dias de restrição de CHO e treino extenuante, seguido de três dias de dieta HCHO e exercício moderado (BERGSTROM et al., 1967). O objetivo da intervenção era exaurir o músculo para, na sequência, sobrecarregá-lo com glicogênio na concentração de 160 a 200 mmol.kg<sup>-1</sup> de massa líquida (CHEN et al., 2008).

Diferente do passado, a dieta de supercompensação tem sido aplicada com duração entre três e sete dias. A fase de depleção de glicogênio muscular tornou-se opcional e, após 24-36 horas de dieta HCHO, o músculo atinge altas concentrações de glicogênio (BERGSTROM et al., 1967; BURKE et al., 2011).

Contrários às dietas ricas em CHO, Noakes, Volek e Phinney (2014) questionam se o consumo excessivo do nutriente em longo prazo pode aumentar o risco de diabetes tipo 2 em atletas (recreacionais ou de elite) resistentes à insulina. Em paralelo, os pesquisadores afirmam não haver evidências sobre doenças causadas pela restrição de CHO na dieta. Em termos de classificação, dietas restritas em CHO são denominadas low carb (LCHO) podendo apresentar percentual elevado de lipídio (low carb high fat (LCHF)).

Com o avanço das técnicas de biologia molecular, tem-se relatado adaptações celulares e moleculares induzidas pela restrição de CHO antes, durante e após exercícios de longa duração. Em termos fisiológicos, esse tipo de dieta aumenta a captação de ácidos graxos plasmático para o músculo e favorece o metabolismo lipídico ao mesmo tempo em que preserva o glicogênio muscular para ser usado nos minutos finais do exercício. Entretanto, a oxidação de gordura não é capaz de promover a ressíntese de ATP suficiente para um sprint. Em indivíduos não treinados, a restrição energética de CHO reduz o estoque de glicogênio muscular antes mesmo do início do exercício (PEINADO, ROJO-TIRADO, BENITO, 2013; EARNEST et al., 2018).

Brouns (2018) sugere a ingestão de 50 a 150 g/dia de CHO como a principal característica da dieta LCHO. Para corredores bem adaptados, o consumo de CHO inferior a 10% do VCT permite oxidar 1.5 g/minuto de gordura para produzir ATP durante a progressão de exercícios intensos. Nesse grupo de atletas, a taxa de oxidação pode exceder 1.2 g/minuto de gordura a 65%  $VO_2$ máx (NOAKES, VOLEK, PHINNEY, 2014), porém questiona-se a mesma capacidade em corredores amadores.

Após 10 semanas de treino aeróbico, indivíduos não treinados e com reduzido concentração de glicogênio muscular tiveram um aumento na capacidade de realização do exercício comparado àqueles com glicogênio muscular elevado. Porém os resultados não podem ser extrapolados para atletas (HANSEN et al., 2005). Além disso, estudos de longo prazo (6 – 12 meses) sobre o efeito de dietas restritas em CHO são escassos e não mostram prejuízos na resposta imune, na recuperação pós-exercício, na capacidade de concentração e na manutenção da massa corporal do atleta (NOAKES, VOLEK, PHINNEY, 2014).

Apesar dos benefícios, a restrição de CHO oferece riscos potenciais à saúde e ao desempenho se mantida por longo prazo. As implicações incluem desde o aumento da degradação de proteínas musculares, prejuízos na função imunológica até a incapacidade de manter exercícios em intensidades elevadas por longos períodos (BURKE et al., 2018; MATA et al., 2019). Seguindo essa tese, o posicionamento da Associação Dietética Americana e dos Dietistas do Canadá também não recomenda dietas ricas em LIP para atletas ( $\geq 70\%$  do VCT) (RODRIGUEZ et al., 2009).

Baseado nas evidências de que a baixa disponibilidade de CHO promove adaptações no músculo, o termo periodização nutricional ou treinamento nutricional tem sido empregado para descrever o uso planejado, intencional e estratégico de intervenções nutricionais específicas para obter adaptações que ajudem no desempenho em longo prazo. Dentre as estratégias nutricionais training low e compete high são as mais utilizadas. A primeira refere-se à baixa disponibilidade de CHO representada pela depleção de glicogênio muscular e hepático e reduzida ingestão de CHO durante e/ou após o treino. Esse estímulo induz a expressão de genes capazes de alterar o fenótipo e ativar a síntese de proteínas musculares cujo resultado melhora o desempenho esportivo. Enquanto, compete high é caracterizada pelo consumo aumentado de CHO, níveis elevados de glicogênio muscular e hepático no início do treino e/ou suplementação de CHO durante o exercício (MARQUET et al., 2016b; JEUKENDRUP, 2017).

O objetivo dessa estratégia nutricional é disponibilizar glicose exógena para oxidação, reduzir o risco de hipoglicemia e fadiga e, por conseguinte, manter o rendimento do atleta. Sendo assim, deve-se induzir a adaptação do intestino para a absorção de nutrientes em condições de estresse, como a ingestão de altas cargas de CHO (JEUKENDRUP, 2017).

Ainda não foram observadas diferenças significativas entre periodização de CHO e dietas HCHO no exercício, embora os benefícios superem os da dieta LCHF. Em contrapartida, a depleção do nutriente parece piorar o rendimento. Neste caso, treinos intervalados com periodização restrita de CHO são recomendados para propiciar a oxidação de gorduras (EARNEST et al., 2018).

Em resumo, a manipulação dietética de CHO apresenta pontos positivos e negativos. Com o número crescente de estratégias nutricionais, a realização de estudos sob a perspectiva de situações reais de competição torna-se necessária para avaliar o efeito das dietas. Por esse motivo, a análise de diferentes protocolos de ingestão de CHO (30%, 60% e 80%) sobre o rendimento de corredores amadores de 5 Km pode contribuir para essa questão.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

Analisar o efeito de três protocolos de ingestão de carboidratos (30%, 60% e 80%) no rendimento fisiológico e biomecânico em corredores amadores de 5 Km.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Avaliar consumo alimentar dos atletas nos momentos pré-teste, 30%, 60% e 80% de CHO;
- Avaliar massa corporal dos atletas pré e pós-exercício nos momentos pré-teste, 30%, 60% e 80% de CHO;
- Comparar estratégia de ritmo dos corredores por quilômetro nos momentos pré-teste, 30%, 60% e 80% de CHO;
- Comparar tempo médio final nos 5 Km dos corredores nos momentos pré-teste, 30%, 60% e 80% de CHO;
- Descrever o tempo individual médio nos 5 Km nos momentos pré-teste, 30%, 60% e 80% de CHO;
- Descrever o tempo individual final e por quilômetro nos momentos pré-teste, 30%, 60% e 80% de CHO;
- Comparar velocidade média total dos atletas nos momentos pré-teste, 30%, 60% e 80% de CHO;
- Comparar percepção subjetiva de esforço média e por quilômetro dos corredores nos momentos pré-teste, 30%, 60% e 80% de CHO;
- Correlacionar a percepção subjetiva de esforço e o tempo médio por quilômetro dos corredores nos momentos pré-teste, 30%, 60% e 80% de CHO;
- Comparar glicemia dos atletas pré e pós-exercício nos protocolos de 30%, 60% e 80% de CHO;
- Comparar pressão arterial dos atletas pré e pós-exercício nos momentos pré-teste, 30%, 60% e 80% de CHO.

## **4 CASUÍSTICA E MÉTODOS**

### **4.1 Casuística**

Por conveniência foram escolhidos 14 atletas da equipe de corrida Top Runners da cidade de Perdões, MG. Após aplicação dos critérios de exclusão, a amostra foi estipulada em 10 corredores. Em seguida, os voluntários do estudo foram informados sobre os procedimentos da pesquisa e após o aceite de participação, leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE A). A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Lavras (ANEXO A) sob o parecer de número 2.926.192.

### **4.2 Critérios de inclusão**

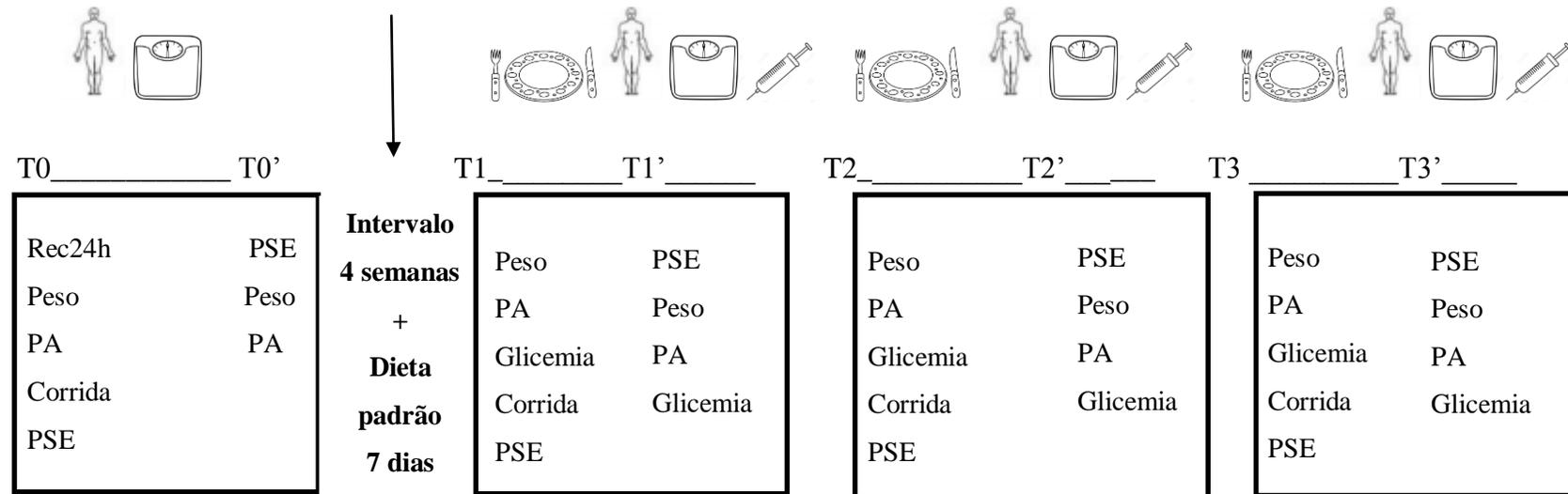
Indivíduos do sexo masculino com idade entre 18 e 59 anos, experiência em corrida de, no mínimo, 24 meses e aptos a realizar o teste de corrida de 5 Km em até 25 minutos.

### **4.3 Critérios de exclusão**

Foram excluídos da pesquisa indivíduos fumantes, portadores de diabetes e/ou doenças cardiovasculares, em uso de qualquer recurso ergogênico e/ou suplemento dietético e com histórico de lesão osteoarticular nos últimos seis meses anteriores à pesquisa.

### **4.4 Delineamento experimental**

Figura 4 – Protocolo de pesquisa.



 Protocolo dietético (30%, 60% e 80% CHO)

 Protocolo do teste de corrida

 Glicemia

 Peso, PA

T0 – Pré-teste (pré-exercício)

T0' – Pré-teste (pós-exercício)

T1 – Teste de corrida 1 (pré-exercício)

T1' – Teste de corrida 1 (pós-exercício)

T2 – Teste de corrida 2 (pré-exercício)

T2' – Teste de corrida 2 (pós-exercício)

T3 – Teste de corrida 3 (pré-exercício)

T3' – Teste de corrida 3 (pós-exercício)

Fonte: Da autora (2019).

Trata-se de um estudo crossover quantitativo. A coleta de dados ocorreu em quatro etapas, totalizando quatro semanas, sendo realizado um pré-teste e três provas de corrida (FIGURA 5). Por convenção, a primeira fase da pesquisa foi denominada pré-teste. Nessa etapa avaliou-se o consumo alimentar dos corredores a partir do Recordatório de 24 horas (Rec24h) (APÊNDICE B). Na mesma ocasião, massa corporal e níveis pressóricos foram aferidos, seguido do teste de corrida de 5.000 m realizado na pista de atletismo da Universidade Federal de Lavras. O teste foi feito para confirmar o tempo de corrida dos atletas, estipulado em até 25 minutos e para coletar o tempo individual de prova. A cada quilômetro percorrido foi avaliado tempo e PSE. Após a corrida, pressão arterial e massa corporal foram novamente mensuradas.

Após o pré-teste houve um intervalo de quatro semanas. Nesse período foram elaboradas dietas normocalóricas contendo 30%, 50%, 60% e 80% de CHO baseada na ingestão média do Rec24h. Na quinta semana, os corredores foram submetidos a uma dieta de adaptação com 50% de CHO durante sete dias. Durante os 21 dias seguintes, os corredores foram submetidos a três diferentes protocolos de ingestão de CHO (30%, 60% e 80%), seguindo por sete dias a mesma dieta. Para não influenciar o resultado da pesquisa, os atletas não foram informados sobre a qualidade e quantidade dos macronutrientes prescritos. Para a distribuição das dietas, os participantes foram alocados em três grupos, com três a quatro integrantes, conforme o tempo de corrida alcançado no pré-teste. No sétimo e último dia de cada dieta foram realizados os testes de corrida com avaliação de massa corporal, glicemia e pressão arterial antes e após o exercício. Durante a prova foram coletados PSE e tempo por quilômetro percorrido e, a partir deste dado analisou-se velocidade média e pacing. Os testes de corrida ocorreram na segunda, terceira e quarta semana de experimento.

#### **4.5 Avaliação do consumo alimentar**

O consumo alimentar de todos os participantes foi avaliado pelo Rec24h. Com o objetivo de coletar informações sobre alimentos e bebidas ingeridos no dia anterior à entrevista, o Rec24h foi escolhido por ser um inquérito dietético retrospectivo, de fácil aplicação, baixo custo e por não alterar o comportamento alimentar do entrevistado. O Rec24h foi feito durante três dias, sendo dois dias da semana e um dia do fim de

semana, o que permitiu estimar a dieta habitual do grupo de corredores. A fim de avaliar a adesão às dietas, o Rec24h foi aplicado semanalmente antes do teste de corrida.

O cálculo da ingestão alimentar foi realizado na planilha Microsoft Excel® tendo como referência a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas (TACO, 2011) e da Universidade de São Paulo (TBCA, 2017), além de consulta a rótulos de alimentos. Foi analisado o consumo energético da dieta em Kcal e Kcal/Kg de peso e o de macronutrientes (CHO, PRO e LIP) por gramas, g/Kg de peso e pelo percentual do VCT.

#### **4.6 Avaliação da massa corporal**

Em todas as quatro fases do estudo, a massa corporal dos corredores foi mensurada antes e após o teste de corrida utilizando a balança digital da marca Filizola® com capacidade para 180 Kg e precisão de 0.1 Kg. Os participantes foram orientados a usar a mesma vestimenta em todas as pesagens, livre de adornos e mantendo posição ortostática no centro da balança.

#### **4.7 Avaliação da pressão arterial**

Os níveis pressóricos dos participantes foram aferidos no pré-exercício (em repouso) e no pós-exercício (10 minutos após o fim da corrida) durante as quatro fases da pesquisa. Para aferição da pressão arterial foi utilizado o estetoscópio da marca Littmann®.

#### **4.8 Avaliação da Percepção Subjetiva de Esforço (PSE)**

Todos os atletas foram orientados sobre como determinar a própria percepção de esforço a cada quilômetro de corrida utilizando a escala de PSE (de 0 a 10 pontos) proposta por Borg (1982).

#### **4.9 Avaliação da glicemia**

A coleta de sangue foi realizada antes e após cada teste de corrida nas três últimas fases da pesquisa. Primeiro, a falange distal do dedo indicador dos participantes foi desinfetada com álcool a 70%. Em seguida, com o uso de uma lanceta foi coletada uma gota de sangue. Por último, essa gota foi colocada em uma tira reagente para

análise no glicosímetro Accu-Chek® Softclix® Pro, da marca Roche, que dosa a concentração de glicose em plasma pelo método de fotometria de reflexão com o objetivo de obter a concentração de glicose em mg/dL de sangue.

#### **4.10 Protocolo dietético**

O protocolo dietético consistiu na elaboração de planos alimentares individuais utilizando o software DietSmart®. Seguindo o VCT médio estimado no Rec24h foi calculado três dietas normocalóricas com 30%, 60% e 80% de CHO. Exemplos das dietas prescritas constam no Apêndice C. Cada dieta foi instituída por sete dias, totalizando 21 dias, incluindo o dia do teste de corrida. Nesse dia, os voluntários foram orientados a lanchar três a quatro horas antes da corrida.

Para a distribuição das dietas, os participantes do estudo (n = 10) foram alocados em três grupos, contendo de três a quatro membros, de acordo com o tempo de corrida definido no pré-teste. O grupo 1 (n = 3) foi composto pelos atletas que alcançaram o tempo entre 20 e 22 minutos, o grupo 2 (n = 4) correu por 18 a 19 minutos e o grupo 3 (n = 3) obteve o tempo de 16 a 17 minutos.

Na primeira, segunda e terceira semana de teste, o grupo 1 seguiu as dietas de 30%, 60% e 80%, respectivamente. O grupo 2 no mesmo período adotou as dietas de 60%, 80% e 30% e o grupo 3 seguiu as dietas de 80%, 30% e 60%, respectivamente (QUADRO 2). Importante destacar que a distribuição das dietas teve como único objetivo definir qual dieta cada participante receberia primeiro.

Para o controle dietético foi criado um grupo em um aplicativo de mensagem voltado para o acompanhamento e o engajamento dos atletas quanto ao seguimento dos planos alimentares. Essa estratégia foi proposta para facilitar a comunicação entre a nutricionista e os participantes do estudo. No mais, para a realização de possíveis adequações quanto às dietas prescritas foi feito um Rec24h nos dias dos testes de corrida.

Quadro 2 - Protocolo dietético.

Grupo	Tempo (min)	Semana	Dieta 30%	Dieta 60%	Dieta 80%
1	20 a 22	1	x		
2	18 a 19	1		x	
3	16 a 17	1			x
1	20 a 22	2		x	
2	18 a 19	2			x
3	16 a 17	2	x		
1	20 a 22	3			x
2	18 a 19	3	x		
3	16 a 17	3		x	

Fonte: Da autora (2019).

#### 4.11 Protocolo do teste de corrida

Durante as quatro semanas de estudo, os atletas estavam na fase de pré-temporada, ou seja, período sem competição. Nessa etapa, para que o exercício não influenciasse o desempenho, os voluntários executaram um treino padrão de 90 minutos diários, um treinamento específico de corrida (três vezes por semana) e um treinamento neuromuscular geral com cargas moderadas (duas vezes por semana).

Antes dos testes de corrida, os corredores fizeram uma corrida de aquecimento na pista de atletismo por cinco minutos. Em seguida, para a validação dos 5000 m os participantes foram instruídos a realizar o percurso no menor tempo possível. Para estimular a competição eles correram juntos na pista. Durante a corrida não foi dado qualquer feedback a cerca do tempo de prova. Os testes foram realizados no período noturno, na Universidade Federal de Lavras, na pista de atletismo medindo 400 m de comprimento por 9.36 m de largura, contendo 8 raias com aproximadamente 1.25 m de largura.

No dia dos testes, os pesquisadores ficaram responsáveis por iniciar a prova, anotar o número de voltas, cronometrar o tempo e encerrar o teste. Para determinar o tempo gasto por quilômetro e o tempo total de prova foi utilizado o cronômetro digital, modelo S141, da marca Seiko®, Tokyo, Japan. Durante a prova, a cada quilômetro percorrido, cada corredor informou em voz alta o valor da PSE aos avaliadores

localizados ao redor da pista de atletismo. Por último, analisou-se pacing e velocidade média a partir do tempo gasto na corrida.

#### 4.12 Análise estatística

Os resultados da pesquisa estão apresentados pela média e desvio padrão. Para análise dos dados foi empregado o programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versão 19.0. Para verificar a normalidade da distribuição da amostra foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk e o teste de Levene para a homogeneidade da variância. Para análise dos valores correspondentes ao desempenho da corrida foi utilizada análise de variância (ANOVA Two-way) e testes não paramétricos correspondentes. Para avaliar a correlação entre as variáveis foi utilizado o coeficiente de Pearson para medir o grau de correlação entre duas variáveis quantitativas. Em todas as análises, o nível de significância adotado foi  $p < 0.05$ .

## 5 RESULTADOS

Os resultados do estudo serão apresentados em três tópicos:

1. Caracterização da amostra: consumo alimentar e massa corporal;
2. Parâmetros de corrida: tempo, pacing e velocidade;
3. Controle de treinamento: PSE, glicemia e pressão arterial.

### 5.1 Caracterização da amostra

A idade média dos participantes foi de  $36.4 \pm 12.7$  anos, com altura e peso de  $175 \pm 4.5$  cm e  $70.2 \pm 6.31$  Kg, respectivamente. A análise quantitativa do Rec24h forneceu a ingestão média do grupo de corredores como descrito na Tabela 1.

Tabela 1 - Avaliação do consumo alimentar da amostra (n= 10). (Continua)

	<b>Pré-teste</b>	<b>30%</b>	<b>60%</b>	<b>80%</b>
Carboidrato (g)	$290.91 \pm 122.51$	$154.24 \pm 28.97$	$296.57 \pm 54.07$	$388.86 \pm 77.28$
Carboidrato (g/Kg)	$4.20 \pm 1.86$	$2.20 \pm 0.42$	$4.24 \pm 0.82$	$5.56 \pm 1.15$
Carboidrato (%)	$55.20 \pm 11.69$	$30.80 \pm 1.07$	$59.34 \pm 0.82$	$77.79 \pm 1.00$

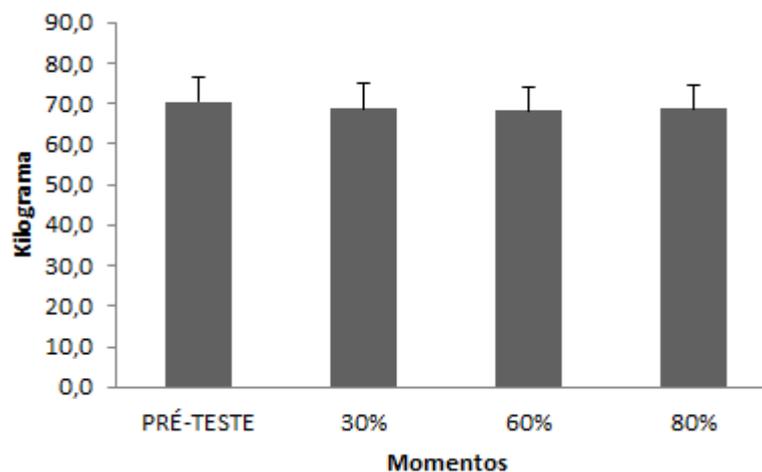
Tabela 1 - Avaliação do consumo alimentar da amostra (n = 10). (Conclusão)

	<b>Pré-teste</b>	<b>30%</b>	<b>60%</b>	<b>80%</b>
Fibras (g)	25.66 ± 13.89	10.81 ± 3.26	26.74 ± 4.11	29.24 ± 6.98
Proteína (g)	78.50 ± 37.80	149.39 ± 32.01	80.80 ± 19.02	52.06 ± 10.39
Proteína (g/kg)	1.09 ± 0.58	2.14 ± 0.52	1.16 ± 0.29	0.74 ± 0.15
Proteína (%)	15.61 ± 6.59	29.79 ± 2.09	16.05 ± 1.28	10.42 ± 0.50
Lipídio (g)	70.21 ± 40.79	88.73 ± 16.26	56.02 ± 10.71	27.13 ± 4.48
Lipídio (g/Kg)	1.02 ± 0.63	1.27 ± 0.22	0.80 ± 0.14	0.39 ± 0.07
Lipídio (%)	29.08 ± 8.05	39.89 ± 1.91	25.03 ± 1.79	12.27 ± 0.93
Calorias (Kcal)	2112.29 ± 872.33	2002.5 ± 370	2001.9 ± 376.13	1997.4 ± 385.61
Calorias (Kcal/Kg)	30.51 ± 13.52	28.64 ± 5.49	28.62 ± 5.56	28.56 ± 5.70

Fonte: Da autora (2019).

O Gráfico 1 mostra os valores da massa corporal dos atletas nos protocolos dietéticos (30%, 60% e 80%) sem diferença estatística significativa ( $p = 0.982$ ). Na comparação entre pré-teste e as dietas também não houve diferença significativa ( $p = 0.973$ ).

Gráfico 1 - Massa corporal dos corredores nos momentos pré-teste e nas dietas de 30%, 60% e 80%.

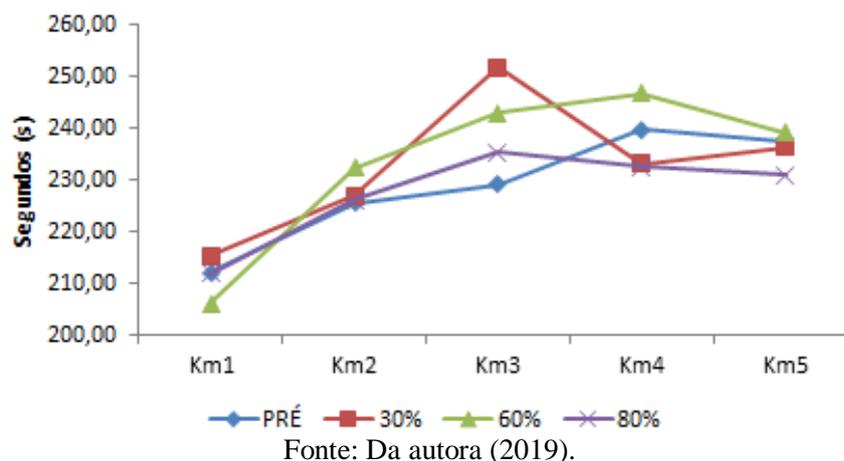


Fonte: Da autora (2019).

## 5.2 Parâmetros de corrida: tempo, pacing e velocidade

Referente ao tempo percorrido por quilômetro, o Gráfico 2 indica em segundos que não houve diferença significativa entre os protocolos dietéticos na comparação entre o primeiro quilômetro (Km1) e do segundo quilômetro (Km2) ( $p = 0.172$ ). No percurso do Km2 apenas os atletas do grupo de 80% foram mais velozes ( $p = 0.605$ ). Por outro lado, no Km3 foi observado tempo de corrida superior na dieta de 30% comparada a 60% e 80% ( $p = 0.871$ ). No Km4, ambos os grupos de 30% e 80% tiveram tempo similar de corrida. Sem diferença estatística, a dieta de 60% apresentou maior tempo no percurso ( $p = 0.217$ ). No quilômetro final (Km5), apenas o grupo que consumiu a dieta de 80% de CHO apresentou menor tempo comparada às demais dietas, mas sem diferença significativa ( $p = 0.061$ ).

Gráfico 2 - Comparação do tempo por quilômetro (pacing) nos momentos pré-teste, 30%, 60% e 80%.



Na Tabela 2 são apresentados os valores do tempo médio individual nos 5 Km e no Gráfico 3 é apresentado o tempo final dos atletas nas quatro fases da pesquisa. Os valores da tabela e do gráfico estão apresentados em segundos.

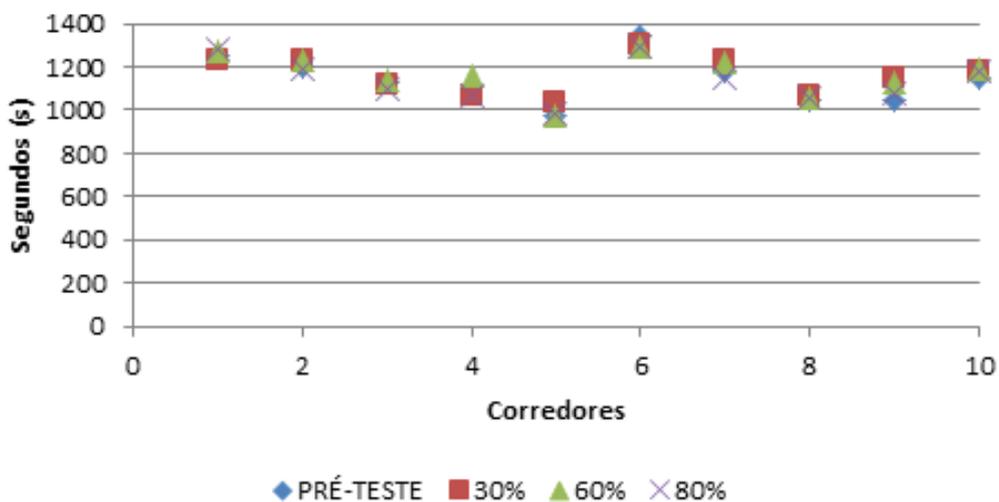
No Gráfico 4 consta a comparação do tempo médio total nos pré-teste e nas dietas de 30%, 60% e 80% de CHO. Não houve diferença significativa entre os grupos ( $p > 0.05$ ). No Apêndice C constam os valores em segundos do tempo total e por quilômetro de cada corredor.

Tabela 2 - Tempo médio individual em segundos nos 5 Km no pré-teste e nas dietas de 30%, 60% e 80%.

Corredor	Pré-teste	30%	60%	80%
1	249.8 ± 9.93	246.8 ± 41.91	254 ± 19.27	256 ± 9.72
2	241 ± 20.21	246.2 ± 3.90	247.2 ± 28.51	238.4 ± 18.90
3	225 ± 10.70	224.6 ± 9.18	228 ± 16.25	218.8 ± 10.43
4	221.4 ± 29.51	214 ± 11.81	231.4 ± 33	213.4 ± 10.76
5	194.8 ± 12.05	207.8 ± 12.93	194 ± 6.60	196 ± 4.30
6	269.2 ± 13.74	260.8 ± 14.27	258 ± 15.54	257.6 ± 17.95
7	236.2 ± 18.69	246 ± 15.83	245.2 ± 28.18	230.2 ± 7.76
8	209.6 ± 16.23	213.8 ± 4.87	211.6 ± 5.86	211 ± 14.44
9	210 ± 7.48	230 ± 48.29	225.6 ± 16.53	214.8 ± 9.78
10	230.6 ± 8.91	236.2 ± 7.53	238.8 ± 24.81	236.4 ± 5.03

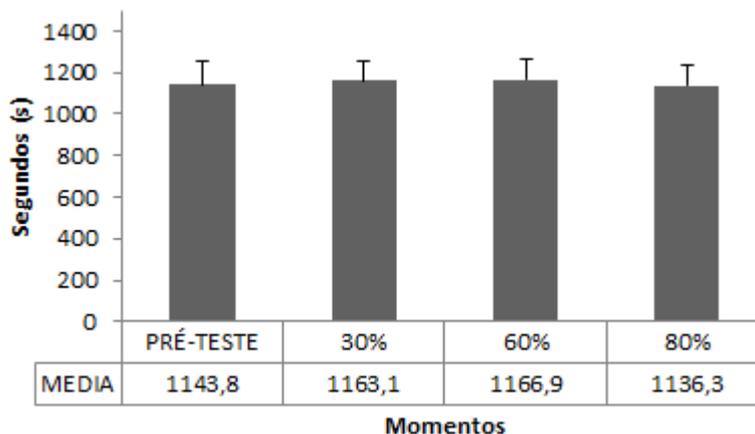
Fonte: Da autora (2019).

Gráfico 3 – Tempo final dos atletas no pré-teste e nas dietas de 30%, 60% e 80%.



Fonte: Da autora (2019).

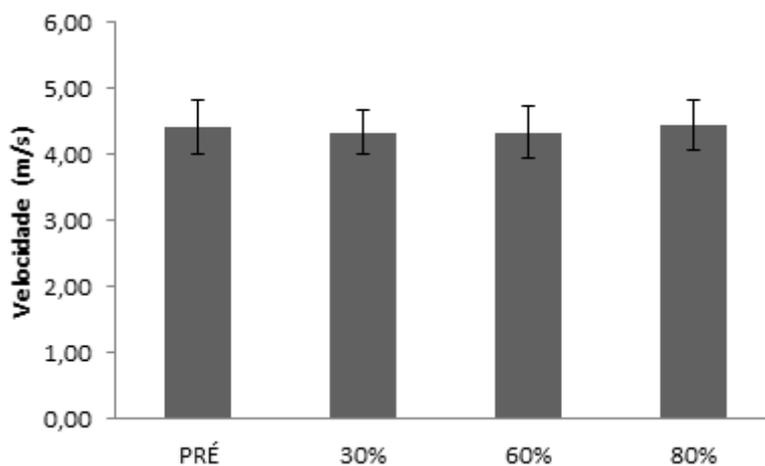
Gráfico 4 - Comparação do tempo médio total nos momentos pré-teste, 30%, 60% e 80%.



Fonte: Da autora (2019).

No Gráfico 5 é apresentado a variação na velocidade total nas quatro fases da pesquisa indicando declínio da velocidade nas dietas de 30% (4.32 m/s) e 60% (4.31 m/s) comparado aos grupos pré-teste (4.41 m/s) e 80% (4.43 m/s), embora sem diferença estatística ( $p > 0.05$ ).

Gráfico 5 - Comparação da velocidade média total nos momentos pré-teste, 30%, 60% e 80%.



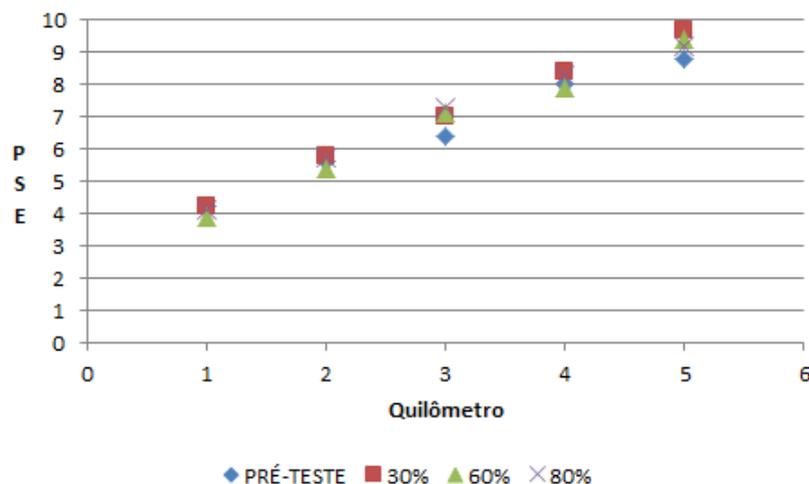
Fonte: Da autora (2019).

### 5.3 Controle de treinamento: PSE, glicemia e pressão arterial

Referente ao quinto quilômetro de corrida, observa-se no Gráfico 6 o menor valor de PSE (8.8) na fase pré-teste da pesquisa. Um aumento não significativo na percepção de esforço foi verificada nas dietas de 30% ( $p = 0.74$ ) e 60% ( $p = 0.90$ ) em comparação com a fase pré-teste. Já entre os percentuais de CHO na dieta, constatou-se

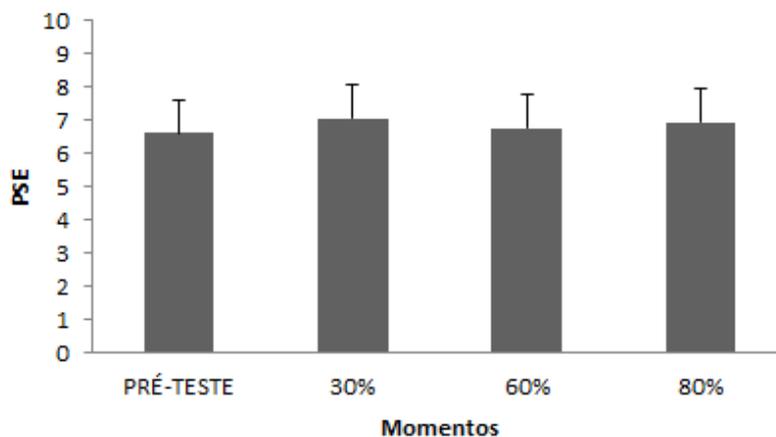
que o protocolo de 80% demandou menor esforço dos atletas durante a corrida, valor médio de 9.2, comparado às dietas de 60% (9.4) e 30% (9.7). No entanto, não houve diferença significativa entre os grupos ( $p = 0.977$ ). O Gráfico 7 compara a média geral da PSE sem diferença significativa entre os grupos nas quatro fases da pesquisa.

Gráfico 6 - Comparação da percepção subjetiva de esforço (PSE) por quilômetro nos momentos pré-teste, 30%, 60% e 80%.



Fonte: Da autora (2019).

Gráfico 7 - Comparação da média geral da percepção subjetiva de esforço (PSE) nos momentos pré-teste, 30%, 60% e 80%.

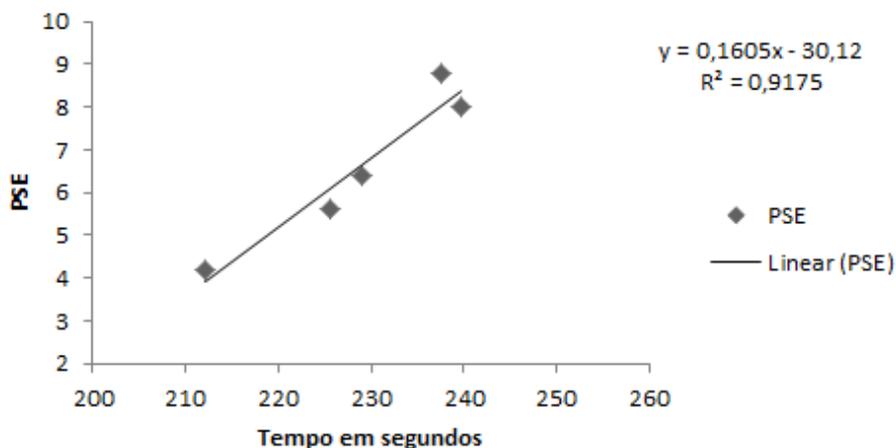


Fonte: Da autora (2019).

Dada a importância da PSE no desempenho esportivo, o Gráfico 8 mostra a correlação existente entre PSE e o tempo médio por quilômetro de corrida na fase pré-teste. Como pode ser visualizado, à medida que o tempo percorrido aumenta a percepção de esforço também aumenta. A partir da análise do coeficiente de correlação

verificou-se que as variáveis PSE e tempo apresentaram forte correlação ( $r: 0.96$ ) durante a corrida no momento pré-teste.

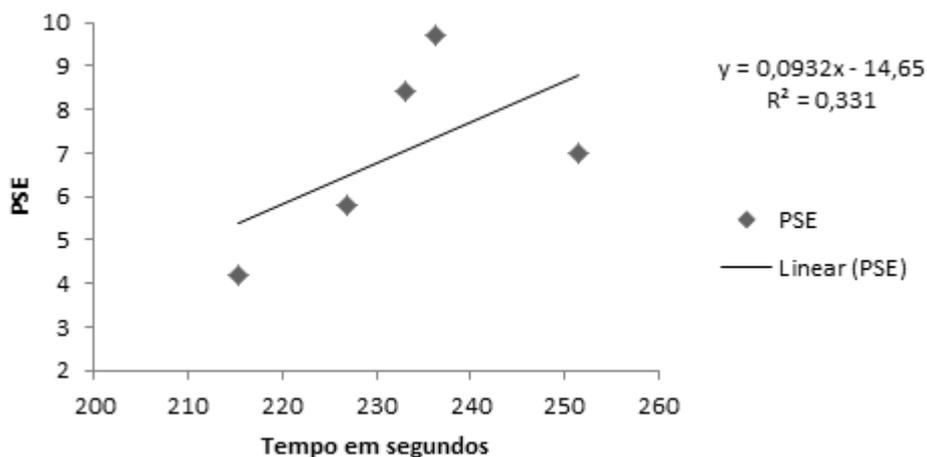
Gráfico 8 - Correlação entre percepção subjetiva de esforço e tempo médio por quilômetro gasto no pré-teste.



Fonte: Da autora (2019).

O mesmo não pode ser notado no Gráfico 9 em relação às variáveis PSE e tempo médio de corrida no grupo de 30%. Apesar do aumento da PSE ao longo do tempo, o coeficiente de correlação indicou fraca correlação ( $r: 0.58$ ) entre PSE e tempo percorrido. Esse resultado favorece a discussão sobre o efeito da baixa ingestão de CHO sobre o desempenho de atletas em corridas de 5 Km.

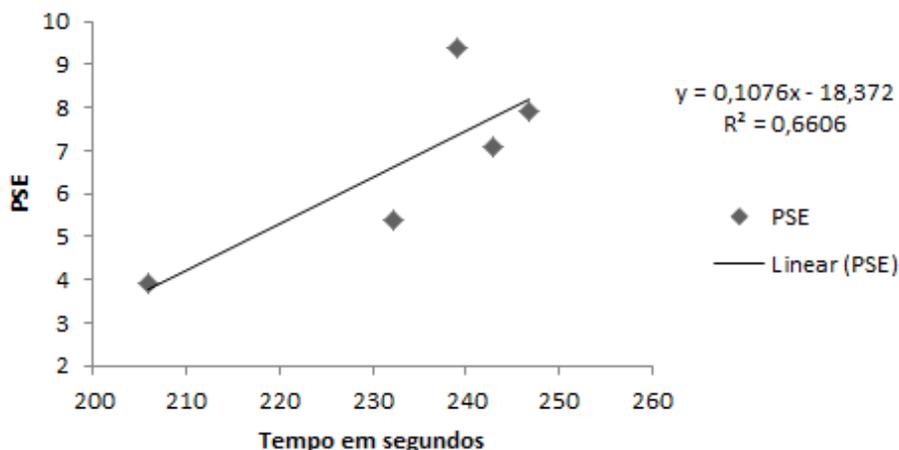
Gráfico 9 - Correlação entre percepção subjetiva de esforço e tempo médio por quilômetro gasto no teste de 30%.



Fonte: Da autora (2019).

Referente a dieta de 60% de CHO houve forte correlação ( $r: 0.81$ ) entre a percepção de esforço durante o exercício e o tempo médio por quilômetro na corrida. Em comparação à dieta de 30%, a PSE e o tempo gasto no teste de 60% apresentaram uma relação mais acentuada (GRÁFICO 10).

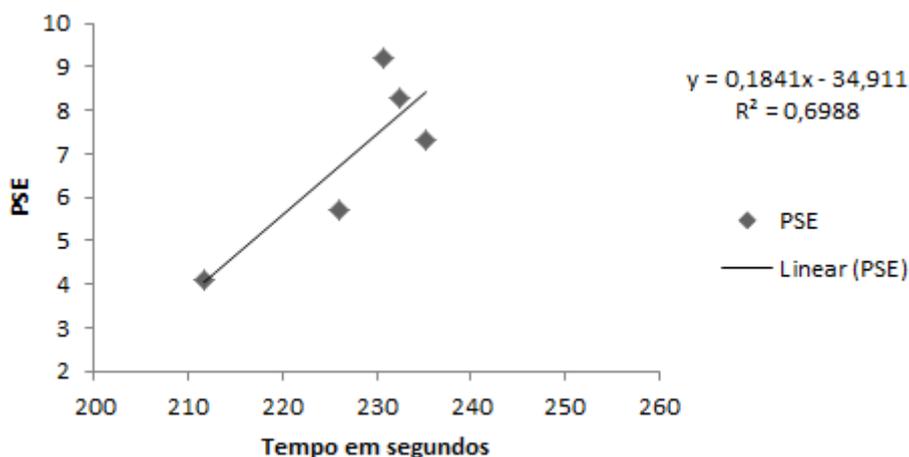
Gráfico 10 - Correlação entre percepção subjetiva de esforço e tempo médio por quilômetro gasto no teste de 60%.



Fonte: Da autora (2019).

O mesmo é mostrado entre PSE e tempo de corrida na dieta de 80% de CHO. Como pode ser visualizado no Gráfico 11, a linha reta encontra-se próxima dos pontos da curva indicando forte correlação ( $r: 0.83$ ) existente entre as variáveis tempo e PSE no teste de 80%.

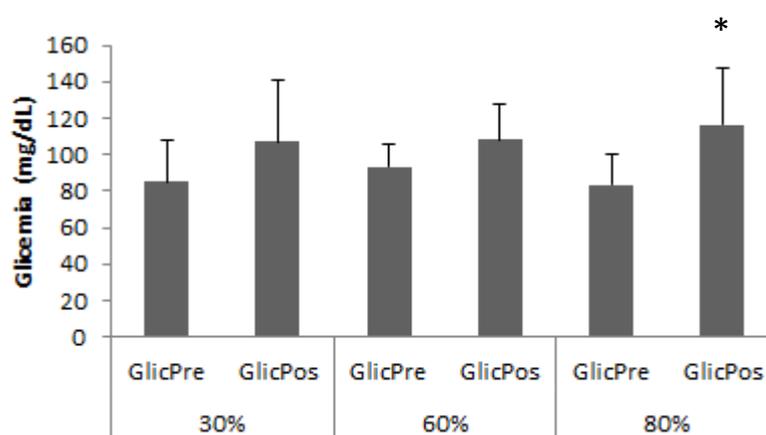
Gráfico 11 - Correlação entre percepção subjetiva de esforço e tempo médio por quilômetro gasto no teste de 80%.



Fonte: Da autora (2019).

Nas três últimas fases da pesquisa, a concentração de glicose sanguínea foi avaliada em dois momentos, antes e após cada teste de corrida, como descrito no Gráfico 12. Os valores glicêmicos oscilaram entre 83.5 mg/dL a 116.2 mg/dL. Houve aumento da glicemia pós-exercício com diferença significativa na dieta de 80% comparada aos protocolos de 30% ( $p < 0.05$ ) e 60% ( $p < 0.01$ ). Entre as dietas de 30% e 60%, a diferença no pós-exercício não foi estatisticamente significativa ( $p = 0.10$ ).

Gráfico 12 - Comparação da glicemia nas dietas de 30%, 60% e 80%.



Fonte: Da autora (2019).

A Tabela 3 compara os valores da PA no pré-teste e nas dietas de 30%, 60% e 80% de CHO antes e após a corrida.

Tabela 3 - Pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) nos momentos pré-teste, 30%, 60% e 80%.

	PAS PRÉ	PAD PRÉ	PAS PÓS	PAD PÓS
Pré-teste	122 ± 4.22	72 ± 16.87	140 ± 6.67	76 ± 8.43
30%	121 ± 7.38	85 ± 7.07 *	129 ± 8.76 *	90 ± 13.33 *
60%	121 ± 8.76	83 ± 9.49	127 ± 8.23 *	92 ± 13.98 *
80%	120 ± 4.71	85 ± 7.07 *	129 ± 7.38 *	95 ± 8.50 *

Fonte: Da autora (2019).

A PAS e a PAD pré-exercício nas três dietas não mostraram diferença significativa ( $p > 0.05$ ). Comparado à fase pré-teste foi observado aumento significativo na PAD nos protocolos dietéticos de 30% ( $p < 0.05$ ) e 80% ( $p < 0.05$ ). Também não houve diferença estatística ( $p > 0.05$ ) na PAS e na PAD pós-exercício entre os três protocolos dietéticos. Contudo, foi observada redução significativa na PAS pós-exercício nas dietas de 30% ( $p < 0.01$ ), 60% ( $p < 0.01$ ) e 80% ( $p < 0.01$ ) comparada aos valores do pré-teste. Em contraste, a PAD apresentou elevação significativa nas dietas de 30% ( $p = 0.01$ ), 60% ( $p < 0.01$ ) e 80% ( $p < 0.01$ ) em relação a fase pré-teste.

## 6 DISCUSSÃO

O presente estudo analisou o efeito de três protocolos de ingestão de CHO (30%, 60% e 80%) no rendimento fisiológico e biomecânico em corredores amadores de 5 Km. Em suma, os resultados do estudo não evidenciaram diferenças significativas entre os protocolos.

Comparando a ingestão média de macronutrientes no pré-teste com as recomendações nutricionais propostas pelo American College of Sports Medicine (ACSM) foi verificado que o consumo de 4.20 g/kg de CHO está abaixo do valor mínimo de 5 g/kg/dia sugerido para atletas de exercícios intensos em quantidades moderadas (2 a 3 horas/dia durante 5 a 6 vezes/semana). Referente à ingestão de PRO, o valor apresentado (1.09 g/Kg) também ficou abaixo das diretrizes (1.2 a 2.0 g/Kg/dia). Enquanto, somente o valor calórico total (30.51 Kcal/Kg) atendeu as recomendações nutricionais (25 a 35 Kcal/Kg/dia) (THOMAS, ERDMAN, BURKE, 2016).

Na avaliação dos hábitos alimentares de atletas de endurance de alta performance da Lituânia, o Rec24h confirmou que 80.8% da amostra consumiram CHO ( $5.6 \pm 2.1$  g/Kg), abaixo do recomendado (7 – 12 g/Kg) (BARANAUSKAS et al, 2015). Dada a importância do CHO para provas de média e longa duração, a baixa ingestão do nutriente pode não atender as necessidades energéticas do atleta. Somado à suscetibilidade do esportista à depleção de glicogênio muscular e, por conseguinte de fadiga prematura (RODRIGUES et al, 2009).

Por outro lado, embora expressem recomendações internacionais, as diretrizes do ACSM podem não refletir a demanda energética específica dos atletas (MUROS et al.,

2019), pois esta depende do sexo, tipo de esporte, gasto energético e condições ambientais (RODRIGUEZ et al., 2009).

Portanto, o resultado da análise da ingestão alimentar dos corredores pode não representar o real consumo do grupo por dois motivos. Primeiro, existe a limitação do inquérito dietético (Rec24h) por ser autorreferido. Segundo, atletas tendem a subestimar seus relatos (MARQUET et al., 2016a). Um estudo sobre o consumo crônico de dieta LCHO considerou que o Rec24h pode não ter refletido a composição da dieta necessária para confirmar a cronicidade da restrição de CHO durante três anos em indivíduos não sedentários (PILIS et al., 2018).

De acordo com a avaliação de consumo das dietas, os atletas consumiram  $30.80 \pm 1.07\%$  ou  $2.20 \pm 0.42$  g/Kg na dieta de 30%;  $59.34 \pm 0.82\%$  ou  $4.24 \pm 0.82$  g/Kg na dieta de 60% e  $77.79 \pm 1.00\%$  ou  $5.56 \pm 4.15$  g/Kg na dieta de 80% de CHO. Esses dados revelaram boa adesão às prescrições dietéticas. No entanto, para alguns corredores o aporte de fibras no protocolo de 80% ( $29.24 \pm 6.98$  g) pode ter limitado o consumo de CHO comparado ao de 30% cuja quantidade de fibras foi menor ( $10.81 \pm 3.26$  g). Paralelamente, a ingestão habitual de fibras estimada no pré-teste ( $25.66 \pm 13.89$  g) foi similar às dietas de 60% ( $26.74 \pm 4.11$  g) e 80%, permitindo inferir que o conteúdo de fibras, apesar de contribuir para o aumento da saciedade, não foi o fator limitante para o consumo de CHO no grupo de corredores.

Sobre a avaliação ponderal, não foi relatado redução de massa corporal no período da dieta de adaptação de 50% de CHO. Durante as três semanas de manipulação dietética, os corredores foram submetidos ao mesmo protocolo de treinamento para evitar que o exercício representasse um viés no estudo. Nessa fase, a análise comparativa entre as dietas de 30%, 60% e 80% de CHO apontou variação média da massa corporal de 68.1 a 68.6 Kg, porém sem diferença significativa. Certamente, o tamanho amostral e a curta duração das dietas pode ter influenciado o resultado.

A análise do tempo total de corrida em segundos evidenciou ausência de diferença significativa entre os protocolos dietéticos. O maior tempo foi na dieta de 60% (1166.9 s) seguido das dietas de 30% (1163.1 s) e 80% (1136.3 s). Em termos percentuais, o protocolo de 80% comparado ao de 30% e 60% apresentou redução de 2.3% e 2.6% no tempo de prova, respectivamente. Comparado à fase pré-teste, a dieta de 80% também apresentou o menor tempo (0.66%). Nesse sentido, apesar da ausência

de significância estatística essa diferença temporal deve ser considerada, pois em competições com atletas de elite segundos separam o primeiro do segundo colocado.

Semelhante aos dados encontrados, um estudo demonstrou que duas dietas administradas por cinco dias com alto (9.3 g/Kg/dia) e baixo teor de CHO (2.5 g/Kg/dia) apresentaram tempo similar em exercício submáximo (ciclismo) (25.53 +/- 0.67 min versus 25.45 +/- 0.96 min) (BURKE et al., 2002). Em outro estudo também não foi demonstrado melhor tempo no ciclismo de 100 Km após o consumo de dieta rica em CHO (9 g/kg/dia) durante três dias (BURKE et al, 2000).

Sobre pacing foi observada a estratégia positiva na dieta de 30%. Esse resultado mostra redução da velocidade ao longo da corrida, ou seja, os atletas não mantiveram a mesma intensidade durante o exercício. Talvez por causa da depleção antecipada de energia, apesar de improvável em atletas experientes (MICKLEWRIGHT et al., 2015). Em contrapartida, nas dietas de 60% e 80% os corredores adotaram a estratégia negativa a partir do quarto e terceiro quilômetro, respectivamente, o que mostra o aumento da velocidade (do ritmo) durante a prova.

Para a dieta de 80% o resultado do estudo confirmou o argumento de que para completar o exercício no menor tempo, os atletas devem distribuir a energia disponível ao longo da corrida (PRUITT, HILL, 2017), a fim de poupar substrato energético para os momentos finais de prova (CARMO et al., 2012; FRANCO-ALVARENGA et al., 2018). Nesse sentido, um estudo recomendou a triatletas a diminuição do ritmo de prova, 5% abaixo da média dos 10 Km, após o ciclismo e no primeiro quilômetro de corrida com o objetivo de beneficiar a performance (HAUSSWIRTH et al., 2010).

Em contraste, para a dieta de 60% o aumento do ritmo no último quilômetro de corrida não garantiu o menor tempo comparado às dietas de 30% e 80%. Resultado sem diferença significativa. Logo, pode-se inferir que a estratégia de ritmo dos corredores foi independente da dieta.

A velocidade média da prova não teve diferença significativa entre os protocolos dietéticos, apesar de a dieta de 80% ter apresentado um aumento de 2.5% na velocidade comparada à dieta de 30 % ( $4.43 \pm 0.39$  m/s versus  $4.32 \pm 0.33$  m/s). Provavelmente, o menor consumo de CHO durante sete dias não foi suficiente para prejudicar o desempenho. Somado à experiência dos atletas em corrida a qual pode ter contribuído para adaptações no músculo resultando na economia das reservas de glicogênio.

Baseado na escala de Borg, os atletas nos três protocolos dietéticos demonstraram no quinto quilômetro de corrida, valor médio de PSE indicativo de esforço máximo (> 9 pontos), sugerindo chegada à exaustão no término da prova. Sob essa perspectiva, o aumento da PSE pode refletir o esgotamento das reservas energéticas e, por sua vez, predizer o tempo de exaustão. Em outras palavras, por meio da PSE pode-se inferir a duração do exercício a uma dada intensidade sem comprometimento homeostático (TUCKER, NOAKES, 2009).

A manipulação dietética de CHO visando reserva de energia também pode determinar o tempo de prova. Esse resultado foi observado em atletas de endurance executando cicloergômetro. O grupo com maior consumo de CHO (84%) e maior concentração de glicogênio muscular apresentou menor PSE e aumentou em 34% ( $p < 0.001$ ) o tempo de chegada à exaustão comparada ao grupo com menor consumo de CHO (6.5%) (BALDWIN et al., 2003).

Retomando o presente estudo, os corredores na dieta de 80% relataram menor percepção de esforço comparada às dietas de 30% e 60%. Contudo, não houve diferença significativa entre os protocolos. Uma pesquisa comparativa entre dietas com alto (7 g/Kg) e baixo (2 g/Kg) teor de CHO também não observou diferença significativa na percepção de esforço de homens moderadamente treinados na prova de ciclismo (SKEIN et al., 2012).

No presente estudo, o fato de a PSE ter sido informada em voz alta pode ter limitado a análise. Como os atletas correram juntos na pista, eles podem ter influenciado uns aos outros. Por esse motivo, a coleta individual talvez mostrasse um resultado diferente do encontrado.

Não houve diferença significativa entre as dietas. Entretanto, a glicemia no protocolo de 60% ( $93.1 \text{ mg/dL} \pm 12.48 \text{ mg/dL}$ ) foi superior ao de 30% ( $85 \text{ mg/dL} \pm 22.41 \text{ mg/dL}$ ) e 80% ( $83.5 \pm 17.1 \text{ mg/dL}$ ), cuja justificativa pode está relacionada ao intervalo entre a coleta de sangue e última refeição realizada de três a quatro horas antes da corrida.

Ao comparar a glicemia pós-exercício observou-se um aumento em todos os grupos. Houve diferença significativa na dieta de 80% comparada as de 30% e 60%. Corroborando esses dados, o estudo de Russell, Benton e Kingsley (2014) investigou o comportamento glicêmico de jogadores de futebol que consumiram uma refeição com

62% de CHO e uma solução a base de sacarose (6%) duas horas antes do jogo. Foi mostrada elevação da glicemia ( $30\% \pm 12\%$ ) entre 30 e 45 minutos do primeiro tempo de jogo.

Com base nos resultados encontrados, a elevação na concentração de glicose pós-exercício provavelmente pode ser explicada pelo aumento de hormônios contrarregulatórios (norepinefrina, epinefrina, glucagon e cortisol) decorrente do aumento da intensidade da prova (BORER et al., 2009). No momento em que a glicemia atingiu o limiar glicêmico, o qual reflete a menor concentração de glicose no sangue, o suprimento de glicose e energia para a continuidade do exercício foi fornecido pela gliconeogênese e glicogenólise hepática (OLIVEIRA et al., 2006; LIMA-SILVA, et al., 2007; VUORIMAA et al., 2008; ZOUHAL et al., 2008; SORIA et al., 2015; KESELMAN et al, 2017).

Nas análises de correlação entre PSE e tempo de corrida, os resultados mostraram a relação entre as variáveis nos três protocolos dietéticos. Houve fraca correlação na dieta de 30% ( $r: 0.58$ ) e forte nas dietas de 60% ( $r: 0.81$ ) e 80% ( $r: 0.83$ ). Para as dietas com maior percentual de CHO, o gráfico de correlação sugeriu que à medida que o tempo de prova aumentava, a percepção de esforço aumentava na mesma proporção.

Situação oposta foi observada no protocolo de 30%. Mesmo com o aumento do tempo médio de corrida, a PSE não aumentou na mesma extensão. Os corredores apresentaram maior oscilação no tempo por quilômetro, notadamente no terceiro e no quarto quilômetro de corrida, mesmo sem significância estatística. Por essa razão, a fraca correlação entre tempo e PSE na dieta de 30% foi um resultado esperado.

A respeito da PA houve um aumento da PAS e PAD no pós-exercício das três dietas, mas sem diferença significativa. Surpreendentemente, o efeito da HPE não foi observado no grupo de corredores. Segundo Dutra et al. (2008), a HPE parece mais evidente em indivíduos hipertensos. Apesar da elevação nos níveis pressóricos, o resultado não tem importância clínica por não estar associado a fatores de risco para doenças cardiovasculares (KIM et al., 2015). Especificamente, o comportamento da PAD contraria o consenso proposto por Laurent et al. (2006) de redução da resposta pressora após o exercício. Essa teoria foi demonstrada com a diminuição da PAD em

indivíduos normotensos após exercício incremental e contínuo em esteira (LIZARDO et al. 2007).

Estudos citados por Anunciação e Polito (2010) relacionaram HPE a exercícios de maior (> 50 min) ou menor duração (15 – 20 min); contínuos ou intermitentes; de baixa, moderada ou elevada intensidade. Embora conflitante, os autores especularam que exercícios contínuos e com maior tempo de duração promovem maior redução na PA.

Uma hipótese pode explicar o resultado do estudo, trata-se do tamanho da amostra. Com o tamanho amostral reduzido, o poder do teste estatístico pode ter conduzido a análise a erros. A temperatura também pode influenciar a PA, mas seu efeito no estudo deve ser desconsiderado. Nos dias de corrida, a temperatura média foi de  $27^{\circ}\text{C} \pm 0.58^{\circ}\text{C}$ . Mesmo valores mais elevados provocariam estresse térmico, com redução do volume plasmático induzido pelo exercício, além de desidratação e diminuição da PA (MARQUES JUNIOR, 2008; OLGUIN, BEZERRA, DOS SANTOS, 2018).

Ademais, o tempo de experiência em corrida (> 2 anos) sugere que os atletas foram favorecidos pela prática regular de exercícios. Dessa forma, ajustes hemodinâmicos induzidos pelo treinamento crônico podem ter interferido na resposta pressora. Diante do exposto, a corrida de 5 Km em até 25 minutos pode não ter sido suficiente para promover a HPE (ANUNCIÇÃO, POLITO, 2010). Nos próximos estudos, a aferição da FC durante e após o exercício e o aumento no tempo de coleta da PA (> 10 minutos de repouso) talvez explique o comportamento da PAS e PAD pós-exercício nos corredores.

Em resumo, apesar de os corredores apresentarem melhor desempenho na dieta de 80% não houve diferença significativa entre os protocolos dietéticos. O mesmo foi observado no protocolo de 80% comparado à fase pré-teste. No geral, a manipulação dietética de CHO não apresentou performance superior à ingestão habitual do nutriente. Portanto, para a amostra específica de corredores amadores de 5 Km não é recomendada a modificação do percentual de CHO da dieta, antes do exercício, com foco no rendimento.

As limitações do estudo incluem a escolha da amostra por conveniência, o reduzido tamanho amostral e a ausência de exames bioquímicos para avaliar alterações

em parâmetros imunológicos induzidos pela dieta e, a possível implicação no rendimento. Por causa do delineamento experimental, a pesquisa não respondeu quais os efeitos dos protocolos dietéticos em atletas com menor nível de treinamento e por um período diferente de sete dias.

O ponto forte da pesquisa foi a realização dos testes de corrida em uma pista de atletismo reproduzindo condições reais de competição. Nos próximos estudos, o emprego de biópsia muscular poderá confirmar se a concentração de glicogênio no músculo foi alterada após a manipulação de CHO. Com essa informação, outras hipóteses poderão ser exploradas ao comparar o rendimento dos corredores entre as dietas.

## **7 CONCLUSÃO**

A partir dos resultados apresentados no estudo pode-se concluir que:

- O consumo prévio de CHO dos atletas foi abaixo do preconizado pelas recomendações nutricionais de associações internacionais de esporte.
- O controle dietético revelou boa adesão dos corredores às dietas prescritas.
- O menor tempo de corrida e a maior velocidade foram observados na dieta de 80%.
- Nos protocolos dietéticos de 60% e 80% de CHO foi adotada a estratégia de ritmo negativa cujo resultado influenciou o rendimento dos atletas na dieta de 80%.
- A estratégia de ritmo adotada pelos atletas foi independente do percentual de CHO da dieta.
- O menor valor médio da PSE no final da prova foi na dieta de 80%, o que demonstrou menor esforço dos atletas na corrida de 5 Km.
- Houve aumento glicêmico pós-exercício em todas as dietas, sobretudo na de 80%, provavelmente devido à produção hepática de glicose estimulada pelo aumento da intensidade da prova.
- A PAS e a PAD pós-exercício mostrou elevação, mas sem importância clínica. O efeito da HPE não foi observado contradizendo os achados da literatura.

- A manipulação dietética de CHO não resultou na melhora significativa da performance dos corredores amadores de 5 Km em comparação à ingestão habitual.
- Recomenda-se adotar estratégias nutricionais individualizadas de acordo com a modalidade esportiva e as necessidades energéticas do atleta.

## REFERÊNCIAS

- ABBISS, C. R.; LAURSEN, P. Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. **Sports Medicine**, v. 38, n. 3, p. 239 – 252, 2008.
- AHLBORG, B. et al. Muscle glycogen and muscle electrolytes during prolonged physical exercise. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 70: p. 129-142, 1967.
- ALVES, D. L. **Estratégia de ritmo e advertências técnicas na Copa Brasil de marcha atlética**. 2016. 70 p. Dissertação (Mestrado em Educação Física)-Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2016.
- ANUNCIACÃO, P. G.; POLITO, M. F. Hipotensão pós-exercício em indivíduos hipertensos: uma revisão. **Arquivos Brasileiro de Cardiologia**, v. 96, n. 5, p. 425 - 426, 2011.
- ATKINSON, G. et al. Pre-race dietary carbohydrate intake can independently influence sub-elite marathon running performance. **International Journal of Sports Medicine**, v. 32, n. 8, p. 611 -617, 2011.
- AZEVEDO, P. H. S. M. et al. Limiar anaeróbio e bioenergética: uma abordagem didática. **Revista da Educação Física da Universidade Estadual de Maringá**, v. 20, n. 3, p. 453 – 464, 2009.
- BLAGROVE, R. C.; HOWATSON, G.; HAYES, P. H. Effects of strength training on the physiological determinants of middle- and long-distance running performance: a systematic review, **Sports Medicine**, v. 48, p. 1117 – 1149, 2018.
- BARANAUSKAS, M. et al. Nutritional habits among high-performance endurance athletes. **Medicina**, v. 51, n. 6, p. 351 – 362, 2015.
- BARTLETT, J. D.; HAWLEY, J. A.; MORTON, J. P. Carbohydrate availability and exercise training adaptation: too much of a good thing? **European Journal of Sport Science**, v. 15, n.1, p. 3 – 12, 2015.
- BARZAGHI, S. 93ª Corrida de São Silvestre tem balanço positivo. **Gazeta Esportiva**, São Paulo, 02 jan. 2018. Disponível em: <<https://www.gazetaesportiva.com/mais-esportes/93a-corrída-de-sao-silvestre-tem-balanço-positivo/>>. Acesso em 08 jan. 2019.
- BALDWIN, J. et al. Glycogen availability does not affect the TCA cycle or TAN pools during prolonged, fatiguing exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 94, n.6, p. 2181–2187, 2003.
- BERGSTROM, J. et al. Diet, muscle glycogen and physical performance. **Acta Physiologica Scandinavica**, v.71, n. 9, p. 140-150, 1967.
- BERGSTROM, J.; HULTMAN, E. Nutrition for maximal sports performance. **The Journal of the American Medical Association**, v. 221, n. 9, p. 999 - 1006, 1972.

- BISHOP, D.; BONETTI, D.; DAWSON, B. The influence of pacing strategy on VO<sub>2</sub> and supramaximal kayak performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 34, n. 6, p 1041 – 1047, 2002.
- BORER, K. T. et al. Two bouts of exercise before meals, but not after meals, lower fasting blood glucose. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 41, n. 8, p. 1606 – 1614, 2009
- BORG, G. A. V. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 14, n. 5, p. 377 – 381, 1982.
- BORG, G. A. V.; NOBLE, B. J. Perceived exertion. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 2, p. 131 – 153, 1974.
- BRASIL. Ministério do Esporte. **Diagnóstico Nacional do Esporte: DIESPORTE**. Brasília, p. 1 – 70, 2016.
- BROUNS, F. Overweight and diabetes prevention: is a low-carbohydrate-high-fat diet recomendable? **European Journal of Nutrition**, v. 57, n. 4, p. 1301 – 1312, 2018.
- BURKE, L. M. et al. Adaptations to short-term high-fat diet persist during exercise despite high carbohydrate availability. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 34, n. 1, p. 83 – 91, 2002.
- BURKE, L.M. et al. Carbohydrates for training and competition. **Journal of Sports Sciences**, v. 29, n. 1, p. S17-27, 2011.
- BURKE, L.M. et al. Carbohydrate loading failed to improve 100 km cycling performance in a placebo controlled trial. **Journal of Applied Physiology**, v. 88, p. 1284 – 1290, 2000.
- BURKE, L. M. et al. Toward a common understanding of diet-exercise strategies to manipulate fuel availability for training and completion preparation in endurance sport. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 28, n. 5, p. 451 – 463, 2018.
- CERMAK, A. N. M, VAN LOON, L. J. C. The use of carbohydrates during exercise as an ergogenic aid. **Sports Medicine**, v. 43, n. 11, p. 1139 – 1155, 2013.
- CHEN, Y. et al. Effect of CHO loading patterns on running performance. **Sports Medicine**, v. 29, n. 7, p. 598–606, 2008.
- CHOLEWA, J. M.; NEWMIRE, D. E.; ZANCHI, N. E. Carbohydrate restriction: friend or foe of resistance-based exercise performance? **Nutrition**, v. 60, p. 136 – 146, 2018.

COLOMBANI, P.C.; MANNHART, C.; METTLER, S. Carbohydrates and exercise performance in non-fasted athletes: a systematic review of studies mimicking real-life. **Nutrition Journal**, v. 12, n. 16, p. 1 – 6, 2013.

DALLARI, M. M. **Corrida de rua: Um fenômeno sociocultural contemporâneo**. 2009. 130 p. Tese (Doutorado em Educação) –Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

DE KONING, J. J. et al. Regulation of pacing strategy during athletic competition. **Plos One**, v. 6, n. 1, p. 1 – 6, 2011.

DO CARMO, E. C. et al. Estratégia de corrida em média e longa distância: como ocorrem os ajustes de velocidade ao longo da prova? **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 26, n.2, p. 351 – 363, 2012.

DO CARMO, E. C. et al. Risco de fadiga prematura, percepção subjetiva de esforço e estratégia de prova durante uma corrida de 10 km. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 29, n.2, p. 197 – 205, 2015.

DUARTE, J. M. P. et al. Comparação entre limiar glicêmico, limiar anaeróbico individual estimado e velocidade crítica em sujeitos não atletas. **Anuário da Produção de Iniciação Científica Discente**, v. XI, n. 12, p. 129 – 138, 2008.

DUTRA, M. T. et al. Estudo comparativo do efeito hipotensor de diferentes modalidades aeróbias em mulheres normotensas. **Maringá**, v. 19, n.4, p. 549 – 556, 2008.

EARNEST, C. P. et al. Metabolic adaptations to endurance training and nutrition strategies influencing performance. **Research in Sports Medicine**, p. 1 -13, v. 2018.

Federação Paulista de Atletismo (FPA). **Modalidade**. Disponível em: <<http://www.atletismofpa.org.br/modalidade.html>,96>. Acesso em 07 jan. 2019.

FRANCO-ALVARENGA, P. E. et al. Fatores determinantes da estratégia de ritmo em esportes de endurance. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, p. 1 – 7, 2018.

FOSTER, C. et al. Pattern of energy expenditure during simulated competition. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 35, n.5, p. 826 – 831, 2003.

GEJL, K. D. et al. No superior adaptations to carbohydrate periodization in elite endurance athletes. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 49, n. 12, p. 2486 – 2497, 2017.

GOSTON, J. L.; MENDES, L. L. Perfil nutricional de praticantes de corrida de rua de um clube esportivo da cidade de Belo Horizonte, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 17, n. 1, p. 13 – 17, 2011.

HAMPSON, D. B. et al. The influence of sensory cues on the perception of exertion during exercise and central regulation of exercise performance. **Sports Medicine**, v. 31, n. 13, p. 935-952, 2001.

HANSEN, A.K. et al. Skeletal muscle adaptation: training twice every second day vs. training once daily. **Journal of Applied Physiology**, v. 98, n. 1, p. 93 - 99, 2005.

HULSTON, C. J. et al. Training with low glycogen enhances fat metabolism in well-trained cyclists. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 11, n. 11, p. 2046 – 2055, 2010.

HAUSSWIRTH, C. et al. Pacing strategy during the initial phase of the run in triathlon: influence in overall performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 108, n.6, p. 1115 – 1123, 2010.

International Association of Athletics Federations (IAAF). **Disciplines**. Disponível em: <<https://www.iaaf.org/disciplines>>. Acesso em 07 nov. 2018.

JEUKENDRUP, A. E. Carbohydrate and exercise performance: the role of multiple transportable carbohydrates. **Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care**, v.13, n. 4, p. 452 – 457, 2010.

JEUKENDRUP, A. E. Periodized nutrition for athletes. **Sports Medicine**, v. 47, Suppl 1, p. 51 - 63, 2017.

KARLSSON, J.; SALTIN, B. Diet, muscle glycogen, and endurance performance. **Journal of Applied Physiology**, v. 31, n. 2, p. 203- 206, 1971.

KEKRSICK, C. M. et al. International Society of Sports Nutrition review update: research & recommendations. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 15, n. 38, p. 1 – 57, 2018.

KENNEY, M.; SEALS, D. Postexercise hypotension: key features, mechanisms, and clinical significance. **Hypertension**, v. 22, p. 653 – 664, 1993.

KESELMAN, B. et al. A randomized cross-over study of the acute effects of running 5 Km on glucose, insulin, metabolic rate, cortisol and troponin T. **Plos One**, v. 12, n. 6, p. 1 – 14, 2017.

KIM, Y. J. et al. Correlation of cardiac markers and biomarkers with blood pressure of middle-aged marathon runners. **The Journal of Clinical Hypertension**, v. 17, n. 11, p. 868 – 873, 2015.

KIM, Y. J.; KIM, C. H.; PARK, K. M. Excessive exercise habits of runners as new signs of hypertension and arrhythmia. **International Journal of Cardiology**, n. 217, p. 80 – 84, 2016.

LAURENT, S. et al. Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications. **European Heart Journal**, v. 27, p. 2588 – 2605, 2006.

LIMA-SILVA, A. E. et al. Metabolismo do glicogênio muscular durante o exercício físico: mecanismos de regulação. **Revista de Nutrição**, v. 20, n. 4, p. 417 – 429, 2007.

LIZARDO, J. H. F. et al. Hipotensão pós-exercício: comparação entre diferentes intensidades de exercício em esteira ergométrica e cicloergômetro. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 9, n. 2, p. 115 – 120, 2007.

MARQUES JUNIOR, N. K. **Altas temperaturas**. *Movimento & Percepção*, v. 9, n. 12, p. 6 – 17, 2008.

MARQUET, L. A. et al. Enhanced endurance performance by periodization of carbohydrate intake: “sleep low” strategy. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v.48, n.4, p. 663 – 672, 2016a.

MARQUET, L. A. et al. Periodization of carbohydrate intake: short-term effect on performance. **Nutrients**, v. 8, n. 12, p. 1 -13, 2016b.

MARSON, R.; AZEVEDO, P. Comparação entre limiar glicêmico, limiar anaeróbico individual estimado e velocidade crítica em sujeitos não atletas. **Anuário da Produção de Iniciação Científica Discente**, v. XI, n. 12, p. 129 – 138, 2008.

MATA, F. et al. Carbohydrate availability and physical performance: physiological overview and practical recommendations. **Nutrients**, v. 11, n. 1084, p. 1 – 10, 2019.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. *Fisiologia do exercício*. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

MICKLEWRIGHT, D. et al. Risk perception influences athletic pacing strategy. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 47, n. 5, p. 1026-1037, 2015.

MO, S.; CHOW, D. H. K. Stride-to-stride variability and complexity between novice and experienced runners during a prolonged run at anaerobic threshold speed. **Gait & Posture**, v. 64, p. 7 – 11, 2018.

MUROS, J. J. et al. Nutritional intake and body composition changes in a UCI World Tour cycling team during the Tour of Spain. **European Journal of Sport Science**, v. 19, n. 1, p. 86 – 94, 2019.

NEWELL, M.L. et al. Metabolic responses to carbohydrate ingestion during exercise: associations between carbohydrate and endurance performance. **Nutrients**, v. 10, n. 37, p. 1-20, 2018.

NOAKES, T.D. Linear relationship between the perception of effort and the duration of constant load exercise that remains. **Journal of Applied Physiology**, v. 96, n. 4, p. 1571-1573, 2004.

NOAKES, T.; VOLEK, J.S.; PHINNEY, S. D. Low-carbohydrate diets for athletes: what evidence? **British Journal of Sports Medicine**, v. 48, n. 14, p. 1077-1078, 2014.

OLGUIN, L. B. P.; BEZERRA, A. C. B.; DOS SANTOS, V. P. Como a desidratação pode afetar a performance dos atletas. **Nucleous**, v. 15, n. 1, p. 461 – 470, 2018.

OLIVEIRA, J. C. et al. Identificação do limiar de lactato e limiar glicêmico em exercícios resistidos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, n. 6, p. 333 – 338, 2006.

PASSARO, L. C. Resposta cardiovascular na prova de esforço: pressão arterial sistólica. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 3, n. 1, p. 6 – 10, 1997.

PATIL, R. D.; KARVE, S. V.; DICARLO, S. E. Integrated cardiovascular physiology: a laboratory exercise. **Advances in Physiology Education**, v. 10, n. 1, p. S20 – S31, 1993.

PAUL, R. D.; KARVE, S. V.; DICARLO, S. E. Integrated cardiovascular physiology a laboratory exercise, **Advances in Physiology Education**, v. 10, n. 1, p. S20 – S31, 1994.

PEINADO, A. B.; ROJO-TIRADO, M. A., BENITO, P. J. Sugar and exercise: its importance in athletes. **Nutrición Hospitalaria**, v. 28, n. 4, p. 48-56, 2013.

PILIS, K. et al. Three-year chronic consumption of low-carbohydrate diet impairs exercise performance and has a small unfavorable effect on lipid profile in middle-aged men. **Nutrients**, v. 10, n. 12, p. 1 – 17, 2018.

PRUITT, K. A.; HILL, J. M. Optimal pacing and carbohydrate intake strategies for ultramarathons. **European Journal of Applied Physiology**, v. 117, n. 12, p. 2527-2545, 2017.

RENFREE, A. et al. Application of decision-making theory to the regulation of muscular work rate during self-paced competitive endurance activity. **Sports Medicine**, v. 44, p. 147 – 158, 2014.

RODRIGUES, T. et al. Modificações dietéticas, reposição hídrica, suplementos alimentares e drogas: comprovação de ação ergogênica e potenciais riscos para a saúde. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 15, n. 3, p. 3-12, 2009.

RODRÍGUEZ, N. R.; DI MARCO, N. M.; LANGLEY, S. American College of Sports Medicine position stand: nutrition and athletic performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 41, n. 3, p. 709–731, 2009.

RODRIGUEZ, N.R. et al. American College of Sports Medicine N, Athletic P. Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College

- of Sports Medicine: nutrition and athletic performance. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 109, n. 3, p. 509 – 527, 2009.
- ROELANDS, B. et al. Neurophysiological determinants of theoretical concepts and mechanisms involved in pacing. **Sports Medicine**, v. 43, p. 301-311, 2013.
- ROSE, A. J.; RICHTER, E.A. Skeletal muscle glucose uptake during exercise: how is it regulated? **Physiology**, v.20, p. 260 – 270, 2005.
- RUSSEL, M.; BENTON, D.; KINGSLEY, M. Carbohydrate ingestion before and during soccer match play and blood glucose and lactate concentrations. **Journal of Athletic Training**, v.49, n. 4, p. 447 – 453, 2014.
- SALGADO, J. V. V.; CHACON-MIKAHIL, M. P. T. Corrida de rua: análise do crescimento do número de provas e praticantes. **Conexões, Revista da Faculdade de Educação Física da UNICAMP**, v. 4, n. 1, p. 90 – 99, 2006.
- SENEFELF, J.; JOYNER, M. J.; HUNTER, S. K. Sex differences in elite swimming with advanced age are less than marathon running. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 26, p. 17 – 28, 2016.
- SILVA, A. L.; MIRANDA, G. D. F.; LIBERALI, R. A influência dos carboidratos antes, durante e após-treinos de alta intensidade. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 2, n. 10, p. 211-224, 2008.
- SKEIN, M. et al. The effects of carbohydrate intake and muscle glycogen content on self-paced intermittent-sprint exercise despite no knowledge of carbohydrate manipulation. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n.8, p. 2859 – 2870, 2012.
- SORIA, M. et al. Plasma levels of trace elements and exercise induced stress hormones in well-trained athletes, **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 31, n. 1, p. 113 – 119, 2015.
- SPRIET, L.L. New insights into the interaction of carbohydrate and fat metabolism during exercise. **Sports Medicine**, v. 44, n. 1, p. S87-S96, 2014.
- STELLINGWERFF, T.; COX, G.R. Systematic review: Carbohydrate supplementation on exercise performance or capacity of varying durations. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, v. 39, n. 9, p. 998-1011, 2014.
- THOMAS, D. T.; ERDMAN, K. A.; BURKE, L. M. American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 48, n. 3, p. 543 – 568, 2016.
- TUCKER R. The anticipatory regulation of performance: the physiological basis for pacing strategies and the development of a perception-based model for exercise performance. **British Journal of Sports Medicine**, v. 43, p. 392 - 400, 2009.

- TUCKER, R.; LAMBERT , M.I.; NOAKES, T.D. An analysis of pacing strategies during men's world-record performances in track athletics. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 1, n. 3, p. 233, 2006.
- TUCKER R, NOAKES TD. The physiological regulation of pacing strategy during exercise: a critical review. **British Journal of Sports Medicine**, v. 43, p. 1 - 9, 2009.
- VUORIMAA, T. et al. Different hormonal response to continuous and intermittent exercise in middle-distance and maratón runners. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 18, n. 5, p. 565 – 572, 2008.
- ZOUHAL, H. et al. Catecholamines and the effects of exercise, training and gender. **Sports Medicine**, v. 38, n. 5, p. 401 – 423, 2008.
- WEBSTER, C. C. et al. Gluconeogenesis during endurance exercise in cyclists habituated to a long-term low carbohydrate high-fat diet. **The Journal of Physiology**, v. 15, p. 4389 – 4405, 2016.
- WILLIAMS, C.; ROLLO, I. Carbohydrate nutrition and team sport performance. **Sports Medicine**. v.45, n. 1, p. S13-22, 2015.
- WILLY, R. W.; PAQUETTE, M. R. The physiology and biomechanics of master runner, **Sports Medicine and Arthroscopy Review**, v. 27, p. 15 – 21, 2019.
- WILSON, P. B. Does carbohydrate intake during endurance running improve performance? A critical review. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 12, p. 3539 - 3559, 2016.
- WONG, S.H. et al. Effect of the glycaemic index of pre-exercise carbohydrate meals on running performance. **European Journal of Sport Science**, v. 8, p. 23 – 33, 2008.
- WU, S. S. X. et al. Pacing strategies during the swim, cycle and run disciplines of sprint, Olympic and half-Ironman triathlons. **European Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 5, p. 1147 – 1154, 2015.
- YEO, W. K. et al. Skeletal muscle adaptation and performance responses to once a day versus twice every second day endurance training regimens. **Journal of Applied Physiology**, v. 105, n. 5, p. 1519 - 1526, 2008.

**SEGUNDA PARTE - ARTIGO****ARTIGO - Changing Patterns of Carbohydrate Diet Not Improve  
Performance of Amateur Runners**

Érika da Silva Rosa<sup>1</sup>, Sandro Fernandes da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Nutritionist. Master Degree in Nutrition and Health, Universidade Federal de Lavras, Brazil.

<sup>2</sup>Doctor. Professor of Physical Education Department, Universidade Federal de Lavras, Brazil.

Correspondence to da Silva, SF. Departamento de Educação Física/UFLA. Campus Universitário, s/n, P.O. box 3037, 37200-000, Lavras, MG, Brasil, Phone: +55 35 38295132. E- mail: sandrofs@gmail.com

## ABSTRACT

Carbohydrate (CHO) consumption contributes to minimizing muscular and hepatic glycogen stores reduction during long-distance running. Glycogen depletion may decrease energy production what coincides with the onset of fatigue and performance decline. The purpose of this study was to analyse the effect of three CHO diets (30%, 60%, and 80%) on the performance of amateur runners of 5 Km. Ten male amateur runners ( $36.4 \pm 12.7$  years,  $175 \pm 4.5$  cm,  $70.2 \pm 6.31$  kg) performed pretest and three running tests. Body mass and blood glucose were assessed before and after exercise. Rating of Perceived Exertion (RPE), pacing, and average velocity were measured for each kilometer in all phases of the research. To analyse the data we use Two-way ANOVA and non-parametric tests to running performance parameters. Results showed in the pretest CHO intake ( $4.20 \pm 1.86$  g/Kg) below nutritional recommendations for athletes in moderate exercises. CHO consumption was  $30.80 \pm 1.07\%$  or  $2.20 \pm 0.42$  g/kg in the diet of 30%,  $59.34 \pm 0.82\%$  or  $4.24 \pm 0.82$  g/kg in the diet of 60% and  $77.79 \pm 1.00\%$  or  $5.56 \pm 4.15$  g/kg in the 80% CHO diet. There was no significant difference among CHO diets in all analyses. However, RPE was less in the 80% diet compared to other diets. Post-exercise glycaemia increased in all dietary protocols. Velocity increased (2.5%) and running time reduced (0.66%) in the 80% protocol in comparison to 30% and the pre-test, respectively. To sum up, our outcomes showed that changing dietary CHO not improve athletic performance compared to the usual intake.

**Keywords:** Running. Athletic performance. Carbohydrate loading diet. Exercise. Track and field.

## INTRODUCTION

There is a relationship among carbohydrate (CHO) consumption, glycogen concentration, and performance<sup>1</sup>. However, since the 60's diets were suggested to increase muscle glycogen concentration and delay muscle fatigue time at moderate exercise intensity<sup>2</sup>. Firstly, initial muscle glycogen concentration was investigated at the beginning of the exercise. Researchers observed glycogen reduction in prolonged exercises and low-intensity activities<sup>3</sup>. Moreover, the rate of muscle glycogen synthesis demonstrated to be dependent on both rich and restricted-CHO diets which could increase or decrease glycogen synthesis, respectively<sup>4</sup>. Previous studies on dietary intake showed an increase in muscle glycogen concentration after CHO-rich diet consumption<sup>5</sup>. Thus, literature has been discussed CHO as an ergogenic aid sport. From moderate to intense exercise nutrient consumption contributes to a muscle glycogen replacement<sup>6-7</sup>.

To elucidate nutritional benefits on athletic performance some dietary CHO protocols with high and low percentages have been used before exercise. There is a growing consensus that CHO-restricted diets promote adaptive responses to exercise by increasing oxidative enzyme expression and lipid metabolism activity without improvement on performance<sup>8-10</sup>. On the other hand, CHO-rich diets enhance competition performance by extending exercise duration<sup>11</sup>. Some mechanisms explain this phenomenon such as an increase in energy availability for muscle contraction, endogenous glycogen sparing, and high rates of exogenous CHO oxidation<sup>11-12</sup>. Based on this perspective, recent research has been contributed to this discussion by investigating the effect of CHO load intake on athletic performance<sup>12</sup>.

Although, there is a gap about dietary CHO recommendation for long-running distance, over 3000 m, among amateur runners. For this reason, it is crucial to analyse the effect of different dietary CHO protocols with low (30%), average (60%) and high CHO percentage (80%) on performance (time, pacing, speed) and control parameters (blood glucose and Rating of Perceived Exertion (RPE)) in 5 Km amateur runners. Therefore, this study aimed to analyse the effect of three CHO diets (30%, 60%, and 80%) on physiological and biomechanical performance in amateur runners of 5 Km.

## METHODS

### Subjects

Ten male amateur runners (mean  $\pm$  SD, age:  $36.4 \pm 12.7$  years; height:  $175 \pm 4.5$  cm; weight:  $70.2 \pm 6.31$  kg) performed running tests during four weeks. Volunteers who took part in this research were non-smokers, did not have an osteoarticular lesion in the last six months previous to the experiment, neither cardiovascular diseases nor diabetes, without any ergogenic and dietary supplement consumption, and running time up to 25 minutes. During our research, all participants were in preseason without competition. They also performed a standardized training program to avoid exercise influence on performance outcomes. The study was approved by the Research Ethics Committee of the Federal University of Lavras. All subjects gave written informed consent before participating in the experimental procedures.

## **Experimental design**

This was a quantitative, crossover study. The tests were undertaken once weekly for four weeks as illustrated in Figure 1. All running tests were conducted at the same condition (time of the day, day of the week and same place). By convention, the first research phase was denominated as a pretest and other phases as running tests with three tests in total. There were four weeks among pretest and running tests.

### *Height and weight measurements*

Body mass was measured before and after the pretest and all running tests. To assess pre and post-exercise body mass was used a digital scale (Filizola®, São Paulo, Brazil) with a maximum capacity of 180 Kg and precision of 0.1 Kg. All participants wore sneakers and sportswear free of embellishment during evaluation. Height was only measured in pretest with a stadiometer (HR-200, TANITA, Arlington Heights, IL) with barefoot athletes in an orthostatic position.

### *Glycaemia*

Blood glucose assessment was performed in the pre- and post-exercise of the last three phases of research. After disinfection with 70% alcohol distal phalanx of the index finger of subjects was perforated with a lancet. Blood drop was inserted into a reagent strip and analysed on a portable glucometer (Accu-Chek® Softclix® Pro, Roche) to measure blood glucose concentration in mg/dL.

### *Dietary assessment and dietary protocol*

Food intake was evaluated by means 24-hour Recall (24HR) for three consecutive days (two weekdays and one weekend day) in pretest and running days. A nutritionist interviewed face to face all subjects. Macronutrient and energy intakes were assessed by the DietSmart® software. A fifth-week interval before commencing the running tests all runners were submitted to a standard diet (50% CHO) for seven consecutive days to adapt them to the next dietary protocols.

At the same time, diets with 30%, 60% and 80% CHO were calculated based on 24HR average intake. During 21 consecutive days, all runners were submitted to three different CHO intake protocols (30%, 60%, and 80%) following the same diet for seven days. According to the running time reached in a pretest, athletes were assigned in three groups from three to four members to distribute dietary protocols. All subjects received instructions to make an evening meal three to four hours before race tests depending on the dietary group to which they were allocated.

### *Running test*

Running tests were performed at 5.000 m track of the Federal University of Lavras measuring 400 m in length by 9.36 m in width, containing 8 lanes approximately 1.25 m wide. In the pretest, we confirmed the maximum running time required for athletes to participate in the study. All running tests were performed on the seventh day of the diet, in turn, corresponding to the last day of each dietary protocol.

### *Running time*

The final time in the 5-Km-running, as well as time per kilometer of each athlete, was measured with a digital chronometer (model S141, Seiko®, Tokyo, Japan).

### *Pacing*

Running time and RPE per kilometer were collected during tests. From these data pacing and average speed were analysed to evaluate performance.

### *Rating of Perceived Exertion (RPE)*

At each kilometer traveled, all athletes reported the RPE based on Borg<sup>13</sup> scale (from 0 to 10 points). They informed the perception of effort during exercise to the researchers located outside the race track.

### **Statistical analysis**

All results are shown by the mean and standard deviation (SD). Both were calculated in Microsoft Excel® 2010. For analysis of control and performance parameters, two-way ANOVA and non-parametric tests were used for Statistical Package for Social Sciences (SPSS) version 19.0. The level of significance was set at  $p < 0.05$ .

### **RESULTS**

Dietary intake data are described in Table 1. According to the analysis of dietary intake, athletes consumed  $30.80 \pm 1.07\%$  or  $2.20 \pm 0.42$  g/kg in the diet of 30%,  $59.34 \pm 0.82\%$  or  $4.24 \pm 0.82$  g/kg in the diet of 60% and  $77.79 \pm 1.00\%$  or  $5.56 \pm 4.15$  g/kg in the 80% CHO diet. These data suggest a high adherence to all diets. Figure 2 compares body mass among all diet protocols (30%, 60% and, 80%) and pretest. Both had no statistically significant difference ( $p = 0.982$ ,  $p = 0.973$ ).

Analyzing running time by kilometer, Figure 3 indicates a non-significant difference among dietary protocols in the comparison to the first kilometer (Km1) and the second kilometer (Km2) ( $p = 0.172$ ). In Km2 only athletes in the 80% diet were faster ( $p = 0.605$ ). Otherwise, the Km3 running time was above in the 30% diet compared to 60% and 80% ( $p = 0.871$ ). In Km4, 30% and 80% of groups demonstrated similar running time. In contrast, 60% diet took longer time ( $p = 0.217$ ), although without statistical difference. On the last kilometer (Km5), 80% CHO diet showed less time compared to the other diets, also without significant difference ( $p = 0.061$ ).

In Figure 4, we describe average running speed in the four phases of the research, indicating a decline in speed in 30% ( $4.32$  m/s) and 60% diet ( $4.31$  m/s) compared to pretest ( $4.41$  m/s) and 80% group ( $4.43$  m/s), although without significant difference ( $p > 0.05$ ). Figure 5 shows no significant difference among diet groups ( $p > 0.05$ ) in comparison to the final time in pretest and all diets. In Table 2 and Table 3 we describe variation in final average speed and final time in the 5-Km-running. Both speed and time had similar behavior during all running tests.

In Figure 6, we depict the lowest RPE value (8.8) in the pretest phase. A non-significant increase in effort perception was observed in 30% ( $p = 0.74$ ) and 60% diet ( $p = 0.90$ )

compared to the pretest phase. On the contrary, 80% CHO diet required a lower effort of athletes during the test, a mean RPE of 9.2 compared to other diets of 60% (9.4) and 30% (9.7). However, there was no significant difference among groups ( $p = 0.977$ ). Then, overall mean RPE in the four phases of the study not demonstrated significant differences among diet groups.

Blood glucose levels ranged from 83.5 mg/dL to 116.2 mg/dL. As described in Figure 7, post-exercise glycaemia increased with a significant difference between 30% and 80% ( $p < 0.05$ ); 60% and 80% CHO diet ( $p < 0.01$ ). Moreover, in post-exercise 30% and 60% dietary protocols difference was not significant ( $p = 0.10$ ).

## DISCUSSION

The study aimed to analyse the effect of three CHO diets (30%, 60% and, 80%) on physiological and biomechanical performance in amateur runners of 5 Km. Our results did not show significant differences among the dietary CHO protocols. Comparing the nutritional recommendations proposed by the American College of Sports Medicine (ACSM) with the average intake of macronutrients in pretest CHO consumption (4.20 g/Kg) was below the minimum value (5 g/Kg/day) suggested for athletes in moderate exercises. Only kilocalories of intake (30.51 Kcal/Kg) met nutritional recommendations (25 to 35 Kcal/Kg/day)<sup>14</sup>.

Regarding eating habits of high-performance endurance athletes, 24HR confirmed 80.8% of runners consumed less CHO ( $5.6 \pm 2.1$  g/kg) than recommended<sup>15</sup>. Given the importance of this macronutrient for medium and long-duration exercise, low CHO intakes may not meet the energy needs of exercise. Additionally, there is an increase in the susceptibility of athletes to muscle glycogen depletion and premature fatigue. The limitation of self-reported dietary data becomes a challenge to represent real food intake<sup>16</sup>. This information supports a work that revealed 24HR was not able to reflect chronic intake of a low CHO (LCHO) diet of non-sedentary individuals throughout three years<sup>17</sup>. Small changes in body mass from 68.1 to 68.6 Kg among the diets of 30%, 60% and 80% of CHO showed no significant difference. Probably, the sample size and short duration of diets may have influenced the outcome. Besides, athletes remained energy balance although dietary data suggested insufficient food intake to meet energy needs.

Analysis of the total running time in seconds showed no significant difference among diet protocols. The highest time was in the diet of 60% (1166.9 s) compared to the diets of 30% (1163.1 s), 80% (1136.3 s), and pre-test phase (1143.8 s). However, 80% of the CHO diet had a reduction of 2.3% and 0.66% in running time in comparison to a 30% diet and pre-test. Focusing on elite competition athletes this difference must take account once seconds can decide the winner of running. Similar to this data, a study showed two diets administered for five days with high CHO (9.3 g/kg/day) and LIP (4.3 g/kg/day) presented similar time in submaximal exercise (cycling) ( $25.53 \pm 0.67$  min versus  $25.45 \pm 0.96$  min)<sup>18</sup>.

Pacing strategy per kilometer was positive in the 30% diet. This speed reduction throughout the running test revealed that athletes did not maintain exercise intensity. Perhaps, anticipated energy depletion can decrease performance even though unlikely

inexperienced athletes<sup>19</sup>. In contrast, in diets of 60% and 80% of runners adopted negative strategy from the fourth and third kilometer, respectively, demonstrating an increase in speed during exercise. Other work confirmed that to complete exercise in the shortest time athletes distribute available energy throughout running<sup>20</sup> to save energy for the end of the race as we describe in an 80% CHO diet. Regarding this issue, other work recommended to triathletes to reduce pacing, 5% below 10 Km average, after cycling and in the first kilometer of running to benefit performance<sup>21</sup>. On the other hand, an increase in pace in the last kilometer did not reduce running in the 60% diet compared to the other diets. Results showed no significant difference. Hence, it can be inferred pacing strategy of runners was independent of dietary protocol. Another relevant finding of this study refers to the similar behavior between speed and race time. Speed increased while time decreased when we compare these two variables. This is a strong positive association between two performance parameters. Nonetheless, running average speed did not show a significant difference among the dietary protocols. In turn, a similar outcome was found with thirteen male recreational runners whose endurance performance during the 10-km running time trial was moderately correlated with peak treadmill speed<sup>22</sup>. 80% of the CHO diet had a 2.5% increase in speed compared to 30% ( $4.43 \pm 0.39$  m/s versus  $4.32 \pm 0.33$  m/s). Accordingly, dietary CHO restriction may have limited performance in the 5-Km-running.

Athletes in all three diet protocols showed in the fifth kilometer of running, maximal perception of effort (> 9 points) based on the RPE scale. This data suggests exhaustion at the end of the race. Furthermore, an increase in RPE may reflect muscle glycogen depletion and predict the time of exhaustion. From this perspective, RPE can be used to infer exercise duration at a given intensity without homeostatic impairment<sup>23</sup>. Dietary manipulation of CHO aiming to save energy can also determine exercise time. This outcome was observed in endurance athletes performing cycle ergometer. A group with higher CHO consumption (84%) and higher muscle glycogen concentration demonstrated lower RPE and delayed the onset to exhaustion by 34% ( $p < 0.001$ ) compared to the group with the lowest CHO consumption (6.5%)<sup>24</sup>. Runners in the 80% diet reported a lower perceived effort compared to 30% and 60% diet. Nevertheless, there was no significant difference among dietary protocols. Another comparative study between diets with high (7 g/Kg) and low (2 g/Kg) CHO amount did not observe a significant difference in effort perception of moderately trained men in cycling test<sup>25</sup>. Our experimental design limited RPE analysis once all athletes informed the perception of effort aloud. As they ran together on the track one runner may have influenced others. For this reason, individual collection of the perception of effort may indicate other results.

On the pre-exercise blood glucose levels, dietary protocols favored blood glucose concentration for running performance. There was no significant difference among diets. However, glycaemia in 60% diet ( $93.1 \text{ mg/dL} \pm 12.48 \text{ mg/dL}$ ) was higher than 30% ( $85 \text{ mg/dL} \pm 22.41 \text{ mg/dL}$ ) and 80% CHO diet ( $83.5 \pm 17.1 \text{ mg/dL}$ ). These data could be explained by an interval between blood collection and last food intake before running a test. When comparing post-exercise blood glucose an increase was observed in all groups. There was a significant difference in the diet of 80% compared to 30% and 60%. Corroborating these data, a work investigated glycemic behavior of soccer players after consuming a meal with 62% CHO and a sucrose solution (6%) two hours before a soccer match. Blood glucose elevation ( $30\% \pm 12\%$ ) was showed between 30

and 45 minutes after the first play time<sup>26</sup>. An increase in post-exercise glucose concentration can be explained by a rise in the secretion of counterregulatory hormones such as norepinephrine, epinephrine, glucagon, and cortisol induced by exercise<sup>28-29</sup>. At the moment when blood glucose reached the glycemic threshold which means the lowest glucose concentration in the blood, glucose supply for exercise was provided possibly by hepatic gluconeogenesis and glycogenolysis<sup>27-29</sup>.

A strong feature of this research was the reproduction of real conditions of competition. In future studies, we would use a muscle biopsy to confirm if glycogen concentration in the muscle will be changed after CHO dietary manipulation. With this information, other hypotheses can be explored by comparing the performance of the runner among diets. Nevertheless, the potential limitations of our work were reduced sample size and convenience sampling. Because of the experimental design, it was not possible to answer about the effects of dietary protocols on athletes with a lower level of training for a different period of seven days.

### **PRACTICAL APPLICATIONS**

For health practitioners such as nutritionists and coaches, the knowledge about the most adequate CHO dietary recommendation can allow the joint elaboration of strategies to benefit the performance of amateur runners of long distances.

### **CONCLUSION**

In conclusion, based on our findings CHO diets for seven days not showed better performance compared to the usual intake. Nevertheless, CHO dietary manipulation in long-distance amateur runners seems to have the potential to improve athletic performance.

### **CONFLICT OF INTEREST STATEMENT**

The authors declare no conflicts of interest.

### **ACKNOWLEDGMENTS**

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 1747518.

## REFERENCES

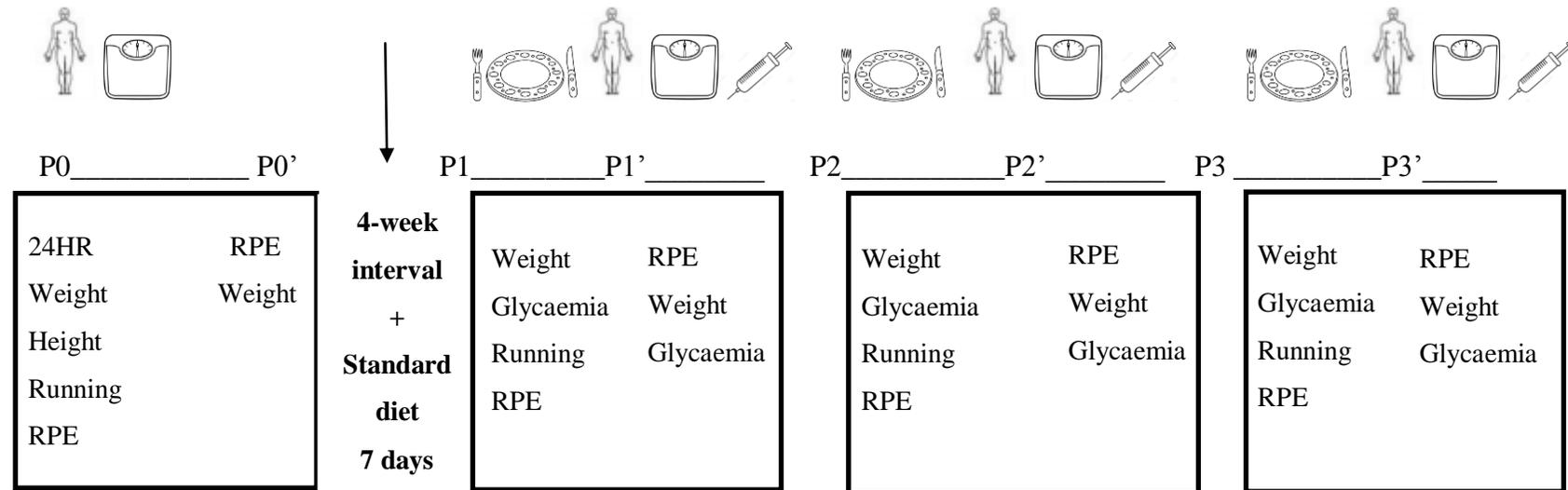
1. Jeukendrup AE. Periodized nutrition for athletes. *Sports Med.* 2017; 47 Suppl 1:51-63.
2. Cholewa JM, Newmire DE, Zanchi NE. Carbohydrate restriction: friend or foe of resistance-based exercise performance? *Nutrition.* 2018; 60:136 – 146.
3. Ahlborg B, Bergstrom J, Ekelund LG, Hultman E. Muscle glycogen and muscle electrolytes during prolonged physical exercise. *Acta Physiol Scand*, 1967, 70:129-142.
4. Bergstrom J, Hultman E. Nutrition for maximal sports performance. *The Journal of the American Medical Association.* 1972; 221(9):999 - 1006.
5. Karlsson J, Saltin B. Diet, muscle glycogen, and endurance performance. *J Appl Physiol.* 1971; 31(2):203- 206.
6. Cermak ANM, Van Loon LJC. The use of carbohydrates during exercise as an ergogenic aid. *Sports Med.* 2013; 43(11):1139 – 1155.
7. Kekrsick CM, Wilborn CD, Roberts MD, Smith-Ryan A, Kleiner SM, Jager R et al. International Society of Sports Nutrition review update: research & recommendations. *J Int Soc Sports Nutr.* 2018; 15(38):1 – 57.
8. Burke LM, Hawley JA, Wong SH, Jeukendrup AE. Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Sciences.* 2011;29(1):S17-S27.
9. Bartlett JD, Hawley JA, Morton JP. Carbohydrate availability and exercise training adaptation: too much of a good thing? *Eur J Sport Sci.* 2015;15(1): 3-12.
10. Burke LM, Hawley JA, Jeukendrup A, Morton JP, Stellingwerff T, Maughan RJ. Toward a common understanding of diet-exercise strategies to manipulate fuel availability for training and competition preparation in endurance sport. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2018; 28(5):451 – 463.
11. Marquet LA, Brisswalter J, Louis J, Tiollier E, Burke LM, Hawley JA, Hausswirth C. Enhanced endurance performance by periodization of carbohydrate intake: “sleep low” strategy. *Med Sci Sports Exerc.* 2016;48(4):663 – 672.
12. Newell ML, Wallis GA, Hunter AM, Tipton KD, Galloway SDR. Metabolic responses to carbohydrate ingestion during exercise: associations between carbohydrate and endurance performance. *Nutrients.* 2018;10(37):1-20.
13. Borg GAV. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 1982;14(5):377 – 381.

14. Thomas D T., Erdman KA, Burke LM. American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. *Medi Sci Sports Exerc.* 2016; 48(3):543 – 568.
15. Baranauskas M, Stukas R, Tubelis L, Zagminas K, Surkiene G, Svedas E, Giedraitis VR, Dobrovolskij V, Abaravicius JA. Nutritional habits among high-performance endurance athletes. *Medicina*, 2015;51(6):351 – 362.
16. Marquet LA, Brisswalter J, Louis J, Tiollier E, Burke LM, Hawley JA, Hausswirth C. Enhanced endurance Performance by Periodization of Carbohydrate Intake:”Sleep Low” Strategy. *Med Sci Sports Exerc.* 2016; 48(4):663 – 672.
17. Pilis K, Pilis A, Stec K, Pilis W, Langfort J, Letkiewicz S, Michalski C, Czuba M, Zych M, Chalimoniuk M. Three-year chronic consumption of low-carbohydrate diet impairs exercise performance and has a small unfavorable effect on lipid profile in middle-aged men. *Nutrients.*2018;10(12):1 – 17.
18. Burke LM, Hawley JA, Angus DJ, Cox GR, Clark SA, Cummings NK, Desbrow B, Hargreaves M. Adaptations to short-term high-fat diet persist during exercise despite high carbohydrate availability. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34(1):83 – 91.
19. Micklewright D, Parry D, Robinson T, Deacon G, Renfree A, St Clair GA, Matthews WJ. Risk perception influences athletic pacing strategy. *Med Sci Sports Exerc.* 2015;47(5):1026-1037.
20. Pruitt KA, Hill JM. Optimal pacing and carbohydrate intake strategies for ultramarathons. *Eur J Appl Physiol.* 2017;117(12):2527-2545.
21. Hausswirth C, Le Meur Y, Bieuzen F, Brisswalter J, Bernard T. Pacing strategy during the initial phase of the run in triathlon: influence in overall performance. *Eur J Appl Physiol.* 2010; 108(6):1115 – 1123.
22. Damasceno MV, Pasqua LA, Lima-Silva AE, Bertuzzi R. Energy system contribution in a maximal incremental test: correlations with pacing and overall performance in a 10-Km running trial. *Braz J Med Biol Res.* 2015;48(11):1048-1054.
23. Baldwin J, Snow RJ, Gibala MJ, Garnham A, Howarth K, Febbraio MA. Glycogen availability does not affect the TCA cycle or TAN pools during prolonged, fatiguing exercise. *J Appl Physiol.* 2003; 94(6):2181–2187.
24. Skein M, Duffield R, Kelly BT, Marino FE. The effects of carbohydrate intake and muscle glycogen content on self-paced intermittent-sprint exercise despite no knowledge of carbohydrate manipulation. *Eur J Appl Physiol.* 2012; 112(8):2859 – 2870.

25. Russel M, Benton D, Kingsley M. Carbohydrate ingestion before and during soccer match play and blood glucose and lactate concentrations. *J AthlTrain*. 2014;49(4):447 – 453.
26. Borer KT, Wuorinen EC, Lukos JR, Denver JW, Porges SW, Burant CF. Two bouts of exercise before meals, but not after meals, lower fasting blood glucose. *Med Sci Sports Exerc*. 2009; 41(8):1606 – 1614.
27. Vuorimaa T, Ahotupa M, Hakkinen K, Vasankari T. Different hormonal response to continuous and intermittent exercise in middle-distance and marathon runners. *Scand J Med Sci Sports*. 2008;18(5):565 – 572.
28. Zouhal H, Jacob C, Delamarche P, Gratas-Delamarche A. Catecholamines and the effects of exercise, training and gender. *Sports Med*. 2008;38(5):401 – 423.
29. Keselman B, Vergara M, Nyberg S, Nystrom FH. A randomized cross-over study of the acute effects of running 5 Km on glucose, insulin, metabolic rate, cortisol and troponin T. *Plos One*. 2017;12(6):1 – 14.

## FIGURES

**Figure 1** – Experimental design.



 Dietary CHO protocol (30%, 60% and 80%)

 Running test

 Glycaemia

 Weight, height

P0 – Pretest (pre-exercise)

P0' – Pretest (pos-exercise)

P1 – Phase 1 (pre-exercise)

P1' – Phase 1 (pos-exercise)

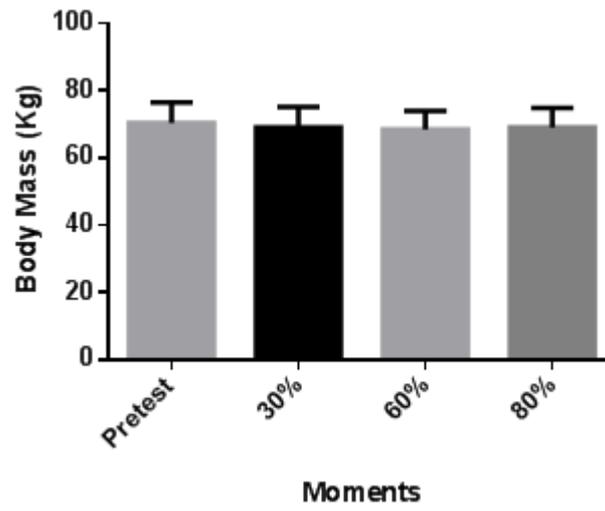
P2 – Phase 2 (pre-exercise)

P2' – Phase 2 (pos-exercise)

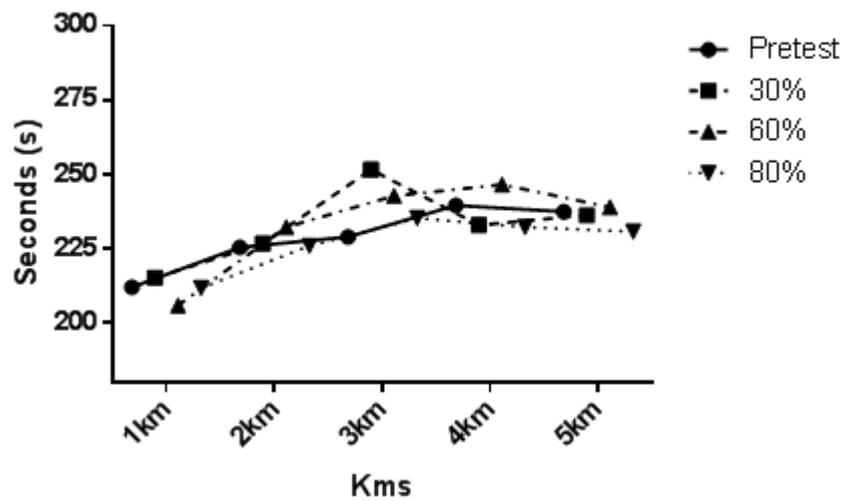
P3 – Phase 3 (pre-exercise)

P3' – Phase 3 (pos-exercise)

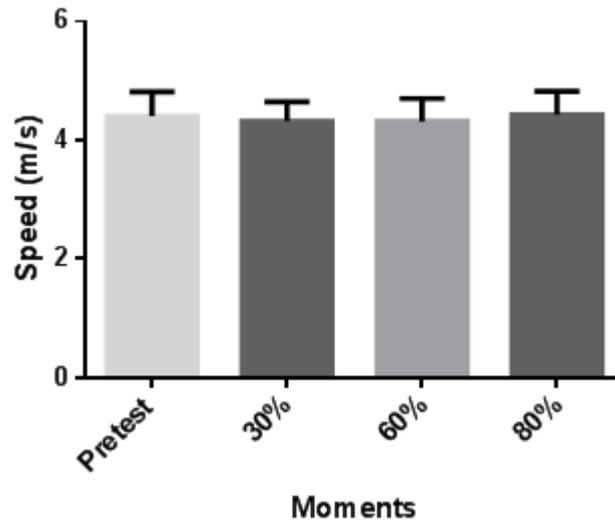
**Figure 2** – Body mass in pretest and diets.



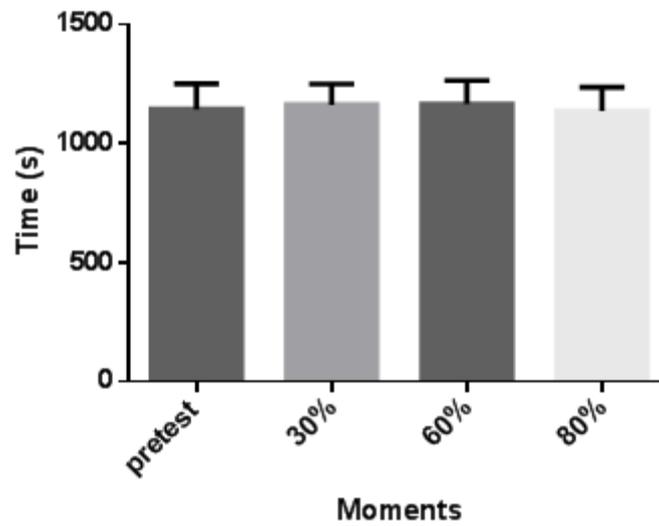
**Figure 3** – Pacing strategy in the 5 Km.



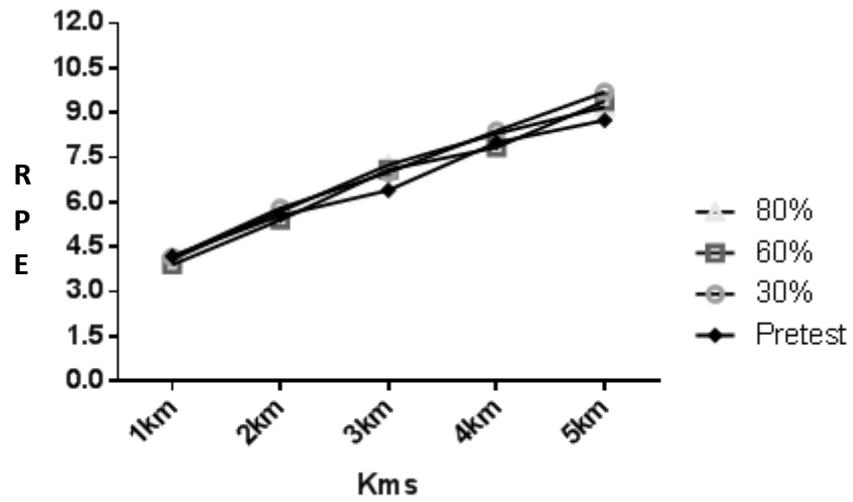
**Figure 4** – Average speed in pretest and diets.



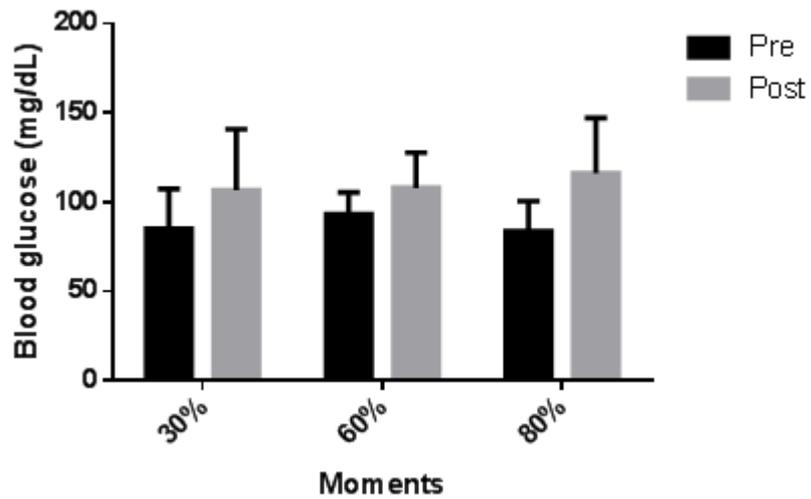
**Figure 5** – Final time in the 5 Km in pretest and diets.



**Figure 6** – Rating of Perceived Exertion (RPE) in pretest and diets.



**Figure 7** – Blood glucose in diets.



**TABLES****Table 1 - Dietary intake assessment, mean  $\pm$  SD.**

	<b>Pretest</b>	<b>30%</b>	<b>60%</b>	<b>80%</b>
Carbohydrate (g)	290.91 $\pm$ 122.51	154.24 $\pm$ 28.97	296.57 $\pm$ 54.07	388.86 $\pm$ 77.28
Carbohydrate (g/Kg)	4.20 $\pm$ 1.86	2.20 $\pm$ 0.42	4.24 $\pm$ 0.82	5.56 $\pm$ 1.15
Carbohydrate (%)	55.20 $\pm$ 11.69	30.80 $\pm$ 1.07	59.34 $\pm$ 0.82	77.79 $\pm$ 1.00
Fibre (g)	25.66 $\pm$ 13.89	10.81 $\pm$ 3.26	26.74 $\pm$ 4.11	29.24 $\pm$ 6.98
Protein (g)	78.50 $\pm$ 37.80	149.39 $\pm$ 32.01	80.80 $\pm$ 19.02	52.06 $\pm$ 10.39
Protein (g/kg)	1.09 $\pm$ 0.58	2.14 $\pm$ 0.52	1.16 $\pm$ 0.29	0.74 $\pm$ 0.15
Protein (%)	15.61 $\pm$ 6.59	29.79 $\pm$ 2.09	16.05 $\pm$ 1.28	10.42 $\pm$ 0.50
Lipid (g)	70.21 $\pm$ 40.79	88.73 $\pm$ 16.26	56.02 $\pm$ 10.71	27.13 $\pm$ 4.48
Lipid (g/Kg)	1.02 $\pm$ 0.63	1.27 $\pm$ 0.22	0.80 $\pm$ 0.14	0.39 $\pm$ 0.07
Lipid (%)	29.08 $\pm$ 8.05	39.89 $\pm$ 1.91	25.03 $\pm$ 1.79	12.27 $\pm$ 0.93
Kilocalories (Kcal)	2112.29 $\pm$ 872.33	2002.5 $\pm$ 370	2001.9 $\pm$ 376.13	1997.4 $\pm$ 385.61
Kilocalories (Kcal/Kg)	30.51 $\pm$ 13.52	28.64 $\pm$ 5.49	28.62 $\pm$ 5.56	28.56 $\pm$ 5.70

**Table 2** – Final average speed in the 5-Km-running.

$\Delta$ FINAL AVERAGE SPEED				
	TPre	T30%	T60%	T80%
TPre	XXX	-1,94%	-2,09%	+0,56%
T30%	-1,94%	XXX	-0,15%	+2,55%
T60%	-2,09%	-0,15%	XXX	+2,70%
T80%	-0,56%	+2,55%	+2,70%	XXX

**Table 3** – Final time in the 5-Km-running.

$\Delta$ FINAL TIME				
	TPre	T30%	T60%	T80%
TPre	XXX	+1,69%	+2,02%	-0,66%
T30%	+1,69%	XXX	+0,33%	-2,30%
T60%	+2,02%	+0,33%	XXX	-2,62%
T80%	-0,66%	-2,30%	-2,62%	XXX

## APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA**  
**COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS-COEP**

### **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE**

Este documento é um convite para o senhor participar do projeto de pesquisa “**Efeito de diferentes protocolos de ingestão de carboidrato no rendimento de corredores amadores de 5 km**”. Leia com atenção as informações abaixo antes de aceitar participar ou não do estudo como VOLUNTÁRIO. Quaisquer dúvidas sobre a pesquisa e o termo de consentimento serão respondidas pelo pesquisador responsável Sandro Fernandes da Silva, pessoalmente no Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Lavras ou por telefone (35) 3829 5132. O projeto busca esclarecer qual a recomendação dietética e o tipo de carboidratos indicados para melhorar o desempenho de atletas em corridas de longas distâncias. O objetivo desta pesquisa é analisar o efeito de três protocolos de ingestão de carboidratos (30%, 60% e 80%) no rendimento de desportistas em um teste de corrida de 5 km. A sua participação na pesquisa contribuirá para o avanço do conhecimento na área de Nutrição Esportiva e acontecerá nas seguintes etapas:

Avaliação da composição corporal: consiste na aferição de altura, massa corporal (peso), circunferência da cintura com fita métrica e dobras cutâneas (tríceps, supra-íliaca, subescapular, axilar média, peitoral, abdômen e coxa) com adipômetro para estimar o percentual de gordura corporal.

Avaliação do consumo alimentar: consiste no preenchimento de formulários para avaliar seu consumo alimentar habitual durante três dias não consecutivos.

Teste de corrida: o (a) senhor (a) será instruído a realizar 5000 m no menor tempo possível. O teste será realizado na Universidade Federal de Lavras em uma pista de atletismo com 400 m de comprimento por 9,36 m de largura, contendo 8 raias medindo aproximadamente 1,25 m de largura.

Protocolo dietético: consiste no seguimento de planos alimentares contendo 30%, 60% e 80% de carboidratos, durante o período de sete dias cada, totalizando 21 dias, o que inclui o dia do teste de corrida.

Frequência Cardíaca: consiste no registro da frequência cardíaca a cada km da corrida utilizando um equipamento denominado cardiofrequencímetro acoplado em seu braço.

Percepção Subjetiva de Esforço (PSE): consiste na avaliação do esforço físico decorrente da corrida em uma escala de 0 a 10 pontos. O (a) senhor (a) será orientado (a) sobre como utilizar a tabela.

Exame de glicemia: consiste na coleta de sangue realizada antes e após o teste de corrida. Com um uso de uma lanceta será coletado uma gota de sangue da falange distal do dedo indicador. Em seguida, essa gota será colocada em uma tira reagente para análise em glicosímetro portátil com o objetivo de obter a concentração de glicose sanguínea em mg/dL de sangue.

Todas as informações sobre o projeto e sua participação no mesmo serão esclarecidas no início da pesquisa e em qualquer momento que for necessário. Sua identidade e dados pessoais serão mantidos em rigoroso sigilo e todos os dados gerados a partir da pesquisa ficarão restritos aos pesquisadores para posterior divulgação em revistas e eventos voltados à área de nutrição esportiva. A sua participação na pesquisa é voluntária podendo desistir de participar a qualquer momento sem nenhum prejuízo ou penalidade. O senhor não terá custo ao participar deste estudo. O deslocamento (ida e volta) para a realização dos testes de corrida na cidade de Lavras – MG será custeado pelo pesquisador responsável.

Os riscos decorrentes de sua participação serão mínimos, incluindo avaliação da glicemia e teste de corrida de 5 km, o qual poderá causar desconforto muscular, mas sem configurar risco à saúde. Qualquer problema ou risco a partir da pesquisa será de total responsabilidade do pesquisador responsável pelo projeto, garantindo total assistência aos participantes. A assistência será realizada através do serviço de vigilância da UFLA que transportará o senhor ao centro de atendimento médico mais próximo. Em caso de dano direto ou indireto causado pela execução das atividades propostas pela pesquisa, o voluntário poderá ser indenizado obedecendo às disposições legais vigentes no Brasil.

**ATENÇÃO:** A sua participação em qualquer tipo de pesquisa é voluntária. Em caso de dúvida quanto aos seus direitos, escreva para o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFLA. Endereço – Campus Universitário da UFLA, Pró-Reitoria de Pesquisa, COEP, caixa postal 3037. Telefone: 3829-5182.

**Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada com o pesquisador responsável e a outra será fornecida a você.**

### CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Eu, \_\_\_\_\_, certifico que tendo lido as informações acima e suficientemente esclarecido (a) de todos os itens, estou plenamente de acordo com a realização do experimento. Assim, eu autorizo a execução do trabalho de pesquisa exposto acima.

Lavras, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_.

NOME (legível) \_\_\_\_\_ RG \_\_\_\_\_

ASSINATURA \_\_\_\_\_

*No caso de qualquer emergência entrar em contato com o pesquisador responsável Prof. Dr. Sandro Fernandes da Silva no Departamento de Educação Física. Telefones de contato: 55 35 38295132*

### APÊNDICE B - Recordatório de 24 h

N° do questionário: \_\_\_\_\_ Data da entrevista: \_\_\_\_\_

Entrevistador: \_\_\_\_\_

Nome do entrevistado: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_

Dia da semana do recordatório:

(0) domingo (1) segunda (2) terça (3) quarta (4) quinta (5) sexta (6) sábado

Horário	Nome da refeição <sup>1</sup>	Alimentos e bebidas <sup>2</sup>	Quantidades <sup>3</sup>	Forma de preparo <sup>4</sup>


1 – Informar o nome da refeição: café da manhã, lanche da manhã, almoço, lanche da tarde, jantar e ceia.

2 – Registrar se a bebida contém açúcar e/ou adoçante, se o pão ou biscoito tem manteiga/margarina, bolo simples ou com recheio/cobertura, tipo do corte de carne. Incluir “beliscos”.

3 – Informar em medidas caseiras: colher (de sopa, chá, café, sobremesa, servir), xícara (de café, chá), copo (lagoinha, duplo), incluir quantidade (colher rasa, média ou cheia, número de unidades ou fatias).

4 – Forma de preparo: cru, assado, cozido, frito (imersão), grelhado, refogado.

**Observações:**

### APÊNDICE C – Protocolos dietéticos de CHO

30%	60%	80%
<p><b>Café da manhã</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 pão francês</li> <li>- 1 fatia média de queijo minas (30 g)</li> <li>- 1 copo duplo (cheio) de leite integral (240 mL)</li> <li>- 1 banana</li> </ul> <p><b>Lanche da manhã</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 castanhas (14 g)</li> <li>- 1 iogurte com polpa de fruta (100 mL)</li> </ul> <p><b>Almoço</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 bife (médio) grelhado (130 g)</li> <li>- 1 colher (sopa) cheia de agrião picado</li> <li>- 2 colheres (sopa) rasa de beterraba picada (cozida)</li> <li>- 2 colheres (sopa) rasa de tomate fatiado</li> <li>- 1 colher (sopa) de azeite de oliva (8 mL)</li> </ul> <p><b>Lanche da tarde</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 pão francês</li> <li>- 1 colher (chá) nivelada de geleia de frutas (5 g)</li> </ul> <p><b>Jantar</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 bife (médio) grelhado (130 g)</li> <li>- 1 colher (sopa) cheia de agrião picado</li> <li>- 1 colher (sopa) rasa picada de beterraba (cozida)</li> <li>- 1 colher (sopa) rasa de tomate fatiado</li> <li>- 1 colher (sopa) de azeite de oliva (8 mL)</li> </ul> <p><b>Ceia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 iogurte com polpa de fruta (200 mL)</li> <li>- 1 fatia grande de queijo minas (40 g)</li> </ul>	<p><b>Café da manhã</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 copo de suco de laranja natural s/ açúcar (180 mL)</li> <li>- 2 pães franceses</li> <li>- 2 ovos, de galinha, inteiro (fazer ovos mexidos)</li> <li>- 1 fatia pequena de queijo mussarela (20 g)</li> <li>- 1 colher (café) de azeite de oliva (1 mL)</li> </ul> <p><b>Lanche da manhã</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 castanhas (14 g)</li> <li>- 1 iogurte com polpa de fruta (100 mL)</li> <li>- 1 banana</li> </ul> <p><b>Almoço</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 escumadeiras (cheia) de arroz branco (170 g)</li> <li>- 1 concha (média) cheia de feijão carioca (77 g)</li> <li>- 1 coxa (pequena) de frango sem pele (assada) (30 g)</li> <li>- 2 colheres (sopa) cheia de cenoura ralada (crua)</li> <li>- 1 colher (sopa) cheia de tomate fatiado</li> <li>- 2 buquês de brócolis (cozido) (30 g)</li> <li>- 1 colher (sopa) de azeite de oliva (8 mL)</li> </ul> <p><b>Lanche da tarde</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 torradas integral (60 g)</li> <li>- 1 colher (chá) nivelada de pasta de amendoim (5 g)</li> <li>- 1 banana</li> </ul> <p><b>Jantar</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 escumadeiras (cheia) de arroz branco</li> <li>- 1 concha (média) cheia de feijão carioca</li> <li>- 1 coxa (pequena) de frango sem pele (assada)</li> <li>- 2 colheres (sopa) cheia de cenoura ralada (crua)</li> <li>- 1 colher (sopa) cheia de tomate fatiado</li> <li>- 2 buquês de brócolis (cozido) (30 g)</li> <li>- 1 colher (sopa) de azeite de oliva (8 mL)</li> </ul> <p><b>Ceia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 torrada integral (30 g)</li> <li>- 1 laranja média (180 g)</li> </ul>	<p><b>Café da manhã</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 copo de suco de laranja natural s/ açúcar (250 mL)</li> <li>- 2 pães franceses</li> <li>- 4 colheres (chá) nivelada de geleia de frutas (20 g)</li> <li>- 1 maçã vermelha média (130 g)</li> </ul> <p><b>Lanche da manhã</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 copo (americano) cheio de leite longa vida desnatado (165 mL)</li> <li>- 2 bananas</li> </ul> <p><b>Almoço</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 escumadeiras (cheia) de arroz branco (170 g)</li> <li>- 1 concha (média) cheia de feijão (50% grão/caldo) (77 g)</li> <li>- 1 colher (sopa) cheia de batata cozida picada</li> <li>- 2 colheres (sopa) cheia de beterraba picada (crua)</li> <li>- 2 colheres (sopa) cheia de cenoura ralada (crua)</li> <li>- 2 colheres (chá) de azeite de oliva (4 mL)</li> </ul> <p><b>Lanche da tarde</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 torrada integral (30 g)</li> <li>- 2 colheres (chá) nivelada de geleia de frutas</li> <li>- 1 maçã vermelha pequena (80 g)</li> </ul> <p><b>Jantar</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 pegadores de macarrão (cozido) (330 g)</li> <li>- 2 conchas (pequena) de molho de tomate caseiro (200 mL)</li> <li>- 2 colheres (sopa) cheia ralada de cenoura (crua)</li> <li>- 2 colheres (sopa) cheia picada de beterraba (crua)</li> <li>- 1 colher (sopa) cheia picada de batata cozida</li> <li>- 2 colheres (chá) de azeite de oliva (4 mL)</li> </ul> <p><b>Ceia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 torradas integral (60 g)</li> <li>- 2 colheres (chá) nivelada de geleia de frutas (10 g)</li> <li>- 1 maçã vermelha grande (200 g)</li> </ul>

Fonte: Da autora (2019).

**APÊNDICE D - Tempo total e por quilômetro dos corredores. (Continua)**

<b>Pré-teste</b>						
<b>Corredor</b>	<b>1 Km</b>	<b>2 Km</b>	<b>3 Km</b>	<b>4 Km</b>	<b>5 Km</b>	<b>Total</b>
1	235	251	262	247	254	1249
2	216	230	237	255	267	1205
3	208	223	235	226	233	1125
4	212	221	184	266	224	1107
5	182	188	196	194	214	974
6	246	279	268	279	274	1346
7	214	220	244	244	259	1187
8	190	210	205	235	208	1048
9	198	208	216	216	212	1050
10	220	225	243	235	230	1153

<b>30%</b>						
<b>Corredor</b>	<b>1 Km</b>	<b>2 Km</b>	<b>3 Km</b>	<b>4 Km</b>	<b>5 Km</b>	<b>Total</b>
1	229	245	314	200	246	1234
2	240	245	250	248	248	1231
3	210	222	227	231	233	1123
4	196	208	223	223	220	1070
5	193	195	217	213	221	1039
6	236	262	266	271	269	1304
7	221	242	252	263	252	1230
8	206	213	215	216	219	1069
9	191	211	314	222	212	1150
10	231	226	238	243	243	1181

Fonte: Da autora (2019).

**Tempo total e por quilômetro dos corredores. (Conclusão)**

<b>60%</b>						
<b>Corredor</b>	<b>1 Km</b>	<b>2 Km</b>	<b>3 Km</b>	<b>4 Km</b>	<b>5 Km</b>	<b>Total</b>
1	222	273	260	262	253	1270
2	200	272	251	267	246	1236
3	203	222	237	233	245	1140
4	195	209	255	275	223	1157
5	185	190	196	202	197	970
6	246	265	280	258	241	1290
7	207	230	249	259	281	1226
8	206	205	218	216	213	1058
9	200	218	234	239	237	1128
10	196	239	249	256	254	1194

<b>80%</b>						
<b>Corredor</b>	<b>1 Km</b>	<b>2 Km</b>	<b>3 Km</b>	<b>4 Km</b>	<b>5 Km</b>	<b>Total</b>
1	245	247	268	260	260	1280
2	208	233	248	256	247	1192
3	203	214	222	228	227	1094
4	195	214	220	222	216	1067
5	190	193	199	198	200	980
6	240	256	283	242	267	1288
7	218	228	235	238	232	1151
8	188	221	217	223	206	1055
9	200	222	225	215	212	1074
10	231	232	236	242	241	1182

Fonte: Da autora (2019).

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**  
LAVRAS**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** EFEITO DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE INGESTÃO DE CARBOIDRATO NO RENDIMENTO DE CORREDORES AMADORES DE 5 KM

**Pesquisador:** Sandro Fernandes da Silva

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 94926618.9.0000.5148

**Instituição Proponente:** Universidade Federal de Lavras

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 2.926.192

**Apresentação do Projeto:**

Os pesquisadores pretendem analisar o efeito de três protocolos de ingestão de carboidratos (30%, 60% e 80%) no rendimento de desportistas em um teste de corrida de 5 km. Participarão 12 homens de 18 a 40 anos pertencentes a uma academia localizada na cidade de Perdões. Os testes serão realizados na UFLA.

**Objetivo da Pesquisa:**

Analisar o efeito de três protocolos de ingestão de carboidratos (30%, 60% e 80%) no rendimento de desportistas em um teste de corrida de 5 km.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Os pesquisadores levantaram os possíveis riscos advindos da participação na pesquisa, assim como os benefícios que a mesma poderá trazer aos profissionais da nutrição e da educação física.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Pesquisa relevante.

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

Os documentos obrigatórios foram todos anexados à plataforma.

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

Projeto de pesquisa sem pendências e ou inadequações.

**Endereço:** Campus Universitário Cx Postal 3037

**Bairro:** PRP/COEP

**CEP:** 37.200-000

**UF:** MG

**Município:** LAVRAS

**Telefone:** (35) 3829-5182

**E-mail:**

**Continuação do Parecer:** 2.926.192

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Ao Final do experimento o pesquisador deverá enviar relatório final, indicando ocorrências e efeitos adversos quando houver.

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

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1191820.pdf	03/09/2018 14:09:05		Aceito
Outros	Comentarioseticomodificado.doc	03/09/2018 14:08:47	Sandro Fernandes da Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLEmodificado.doc	03/09/2018 14:07:30	Sandro Fernandes da Silva	Aceito
Outros	cartaResposta.doc	03/09/2018 14:05:56	Sandro Fernandes da Silva	Aceito
Folha de Rosto	Folhaderostoassinada.pdf	01/08/2018 13:34:00	Sandro Fernandes da Silva	Aceito
Outros	TERMODeASSENTIMENTO.doc	01/08/2018 08:39:01	Sandro Fernandes da Silva	Aceito
Outros	cartaliberacaocoep.pdf	01/08/2018 08:38:38	Sandro Fernandes da Silva	Aceito
Outros	COMENTaRIOSETICOS.doc	01/08/2018 08:38:27	Sandro Fernandes da Silva	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	COEP3007.pdf	01/08/2018 08:36:52	Sandro Fernandes da Silva	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

LAVRAS, 28 de Setembro de 2018

---

**Assinado por:**  
**Giancarla Aparecida**  
**Botelho Santos**  
**(Coordenador(a))**

**Endereço:** Campus Universitário Cx Postal 3037

**Bairro:** PRP/COEP

**CEP:** 37.200-000

**UF:** MG

**Município:** LAVRAS

**Telefone:** (35) 3829-5182

**E-mail:**