

ESTRESSE FISIOLÓGICO IMPOSTO PELO AMBIENTE QUENTE DURANTE UMA SESSÃO DE HIIT

Wanessa Aparecida Lopes da Silva¹, William Martins Januário¹, Leonardo Mateus Teixeira Rezende²
Luciano Bernardes Leite², João Carlos Bouzas Marins¹, Thales Nicolau Prímola Gomes¹

RESUMO

Introdução: Os aumentos constantes da temperatura ambiental têm impacto direto nas atividades do dia a dia, como, por exemplo, na prática de exercícios físicos. **Objetivo:** Avaliar o estresse fisiológico imposto pelo ambiente quente em comparação ao ambiente temperado durante uma sessão de HIIT. **Materiais e Métodos:** 10 ciclistas amadores do sexo masculino ($35,5 \pm 7,4$ anos, $60,4 \pm 4,3$ mL.kg⁻¹.min⁻¹), realizaram 4 visitas ao laboratório. 1ª visita: caracterização da amostra; 2ª visita: familiarização da amostra ao protocolo; 3ª/4ª visitas: os voluntários foram avaliados de forma randomizada em duas condições, Controle (T_{ambiente} : $22,9 \pm 0,9^{\circ}\text{C}$; UR: $70,1 \pm 9,9\%$) e Quente (T_{ambiente} : $32,2 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$; UR: $63,9 \pm 4,5\%$). Sessão de HIIT: Após um aquecimento de 5min/15W, foi iniciado um protocolo de HIIT com 4 blocos idênticos de 1min a 90% P_{max} e 3min de recuperação a 50% P_{max}. Foram avaliadas as temperaturas interna ($T_{\text{gastrointestinal}}$), corporal (T_{corporal}) e da pele (T_{pele}), a frequência cardíaca (FC), a percepção subjetiva do esforço (PSE), o conforto térmico (CT), a sensação térmica (ST) e o índice de estresse fisiológico (IEF). Os dados foram analisados por meio de ANOVA Two-Way, post hoc de Bonferroni, teste t de Student e correlação de Pearson. Média, DP ($\alpha=5\%$). Ética: 852796618.1.0000.5153. **Resultados:** Em relação ao ambiente controle, foram observados maiores valores de $T_{\text{gastrointestinal}}$, T_{corporal} , T_{pele} , FC, PSE, CT, ST, IEF e correlação positiva entre as variáveis fisiológicas e perceptivas. **Conclusão:** O estresse fisiológico imposto pelo ambiente quente foi maior durante uma sessão de HIIT.

Palavras-chave: Treinamento Intervalado de Alta Intensidade. Resposta ao choque térmico. Exercício físico. Saúde.

1 - Laboratório de Performance Humana, Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

ABSTRACT

Physiological stress imposed by the hot environment during a HIIT session

Introduction: Constant increases in environmental temperature have a direct impact on daily activities, such as, for example, physical exercise. **Objective:** To evaluate the physiological stress imposed by the hot environment compared to the temperate environment during a HIIT session. **Materials and Methods:** 10 male amateur cyclists (35.5 ± 7.4 years, 60.4 ± 4.3 mL.kg⁻¹.min⁻¹), made 4 visits to the laboratory. 1st visit: sample characterization; 2nd visit: familiarization of the sample with the protocol; 3rd/4th visits: the volunteers were randomly evaluated in two conditions, Control ($T_{\text{environment}}$: $22.9 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$; RH: $70.1 \pm 9.9\%$) and Hot ($T_{\text{environment}}$: $32.2 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$; RH: $63.9 \pm 4.5\%$). HIIT session: After a 5min/15W warm-up, a HIIT protocol was started with 4 identical blocks of 1min at 90% P_{max} and 3min recovery at 50% P_{max}. Internal ($T_{\text{gastrointestinal}}$), body (T_{body}) and skin (T_{skin}) temperatures, heart rate (HR), subjective perception of exertion (RPE), thermal comfort (CT), thermal sensation (ST) and the physiological stress index (IEF). Data were analyzed using Two-Way ANOVA, Bonferroni post hoc, Student's t test and Pearson's correlation. Mean \pm SD ($\alpha=5\%$). Ethics: 852796618.1.0000.5153. **Results:** In relation to the control environment, higher values of $T_{\text{gastrointestinal}}$, T_{body} , T_{skin} , HR, PSE, CT, ST, IEF and a positive correlation between physiological and perceptual variables were observed. **Conclusion:** The physiological stress imposed by the hot environment was greater during a HIIT session.

Key words: High-Intensity Interval Training. Heat-Shock Response. Exercise. Health.

E-mail dos autores:
wanessalopes.mestrado@gmail.com
william.januário@ufv.br
leomtr.efi@gmail.com
luciano.leite@ufv.br
jcbouzas@ufv.br
thales.gomes@ufv.br

INTRODUÇÃO

O fenômeno do aquecimento global observado nas últimas décadas vem causando alterações climáticas intensas, incluindo as constantes ondas de calor, levando à mortalidade de milhares de pessoas por todo o mundo (Hanna e Tait, 2015).

Este novo cenário global impõe desafios aos seres humanos, principalmente no que tange à termorregulação (Romanovsky, 2007; Tansey e Johnson, 2015).

Os aumentos em série da temperatura ambiental vêm impactando diretamente nas atividades do dia a dia, como, por exemplo, na prática de exercícios físicos. Sabe-se que o exercício físico impõe uma maior demanda energética ao organismo, aumentando a atividade metabólica e gerando calor como subproduto (Flouris e Schlader, 2015).

Neste contexto, o acúmulo de calor gerado pelo exercício, associado ao maior estresse térmico do ambiente quente, pode levar a diversos problemas associados ao calor, como o choque hipertérmico (Corbett e colaboradores, 2018).

Assim, torna-se fundamental estudar este fenômeno à luz das diferentes formas de exercício físico que podem ser realizados em ambientes quentes, uma vez que o aumento da temperatura interna será dependente também da modalidade de exercício (Ftaiti e colaboradores, 2001).

Uma modalidade de exercício altamente disseminada e que se popularizou nos últimos anos nas academias de ginástica é o treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) (Nunes e colaboradores, 2021).

O HIIT é composto por sessões repetidas e breves, intercalando intervalos de intensidade máxima/supramáxima com intervalos de baixa intensidade (Gibala e McGee, 2008).

Existem diferentes tipos e protocolos de HIIT, que podem variar quanto ao número de séries, ao tempo de intervalo, dentre outros fatores (Buchheit e Laursen, 2013).

Independentemente do tipo de protocolo, o HIIT tem sido objeto de prescrições e de estudos científicos que tem mostrado adaptações positivas e os benefícios consequentes da sua prática (Borrega e colaboradores, 2021).

Desta forma, o estudo do HIIT pode trazer informações fundamentais e práticas aos treinadores e atletas da modalidade.

Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o estresse fisiológico imposto pelo ambiente quente em comparação ao ambiente temperado durante uma sessão de HIIT.

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostra

A amostra foi composta por 10 ciclistas amadores do sexo masculino ($35,5 \pm 7,4$ anos).

A amostra foi selecionada e homogeneizada pela área de superfície corporal (ASC) e pelo percentual de gordura (%G).

Os critérios de inclusão adotados foram: i) homens saudáveis e fisicamente ativos, considerando o Physical Activity Readiness Questionnaire - PAR-Q e o International Physical Activity Questionnaire - IPAQ; ii) idade entre 23 e 45 anos; iii) ciclistas com volume de treino semanal ≥ 100 km por semana; iv) percentual de gordura menor do que 20% para homens com idade entre 25 e 35 anos e $<23\%$ para homens entre 36 e 45 anos (Pollock, 1990).

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Performance Humana (LAPHE) do Departamento de Educação Física da Campus da Universidade Federal de Viçosa - Minas Gerais.

Todas as coletas foram realizadas no período de verão no Brasil.

O presente trabalho foi submetido ao Comitê de Ética de Estudos com Humanos da Universidade Federal de Viçosa, sendo aprovado com o seguinte número de protocolo CAAE: 852796618.1.0000.5153.

Os voluntários assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Procedimentos Experimentais

Foram realizadas quatro visitas ao laboratório, sempre iniciando às 7h e com a orientação aos voluntários de se absterem de álcool, cafeína, termogênicos e evitassem exercício físico intensos no dia anterior e nas manhãs das sessões experimentais.

Durante os experimentos a temperatura da sala (T_{ambiente}) foi controlada continuamente por meio de um ar condicionado (Komeco®, Split Hi-Wall) e registrada por um anemômetro digital (Instrutherm®, AD-250).

A umidade relativa do ar (UR em %) e a velocidade do vento (m/s) foram medidas por meio de um anemômetro digital (Instrutherm®, AD-250).

1ª Visita

Foi realizada a apresentação do estudo e feito o esclarecimento de possíveis questionamentos dos voluntários. Ao concordarem em participar, os voluntários assinaram o TCLE.

Foram realizadas as medidas antropométricas. A massa corporal foi aferida por meio de uma balança eletrônica (Filizola Mecânica 150 kg) e a estatura por meio de um estadiômetro profissional (Sanny ES2020).

As dobras cutâneas (mm) foram mensuradas com um adipômetro científico (Cescorfi®), de acordo com o protocolo de 7 dobras (Jackson e Pollock, 1978).

O IPAQ, o PAR-Q e a Anamnese (histórico de doenças, hábitos diários, prática regular de exercícios) foram lidos e preenchidos.

Foi verificado o estado de hidratação dos voluntários por meio de um refratômetro portátil (Instrutherm - RTP-20ATC), sendo o valor de corte máximo utilizado de 1.025 (Nakamae e colaboradores, 1980).

Após, foi realizado um teste incremental máximo (Balke e Ware, 1959) em um cicloergômetro (Monark®), com o uso de frequencímetro (Polar® RS800CX, Polar® Electro ou Kempele, Finlândia) e uma cinta de peito (Wearlink WIND, Polar®) fixada na altura do processo xifoide, para aferição da frequência cardíaca (FC em bpm).

A pressão arterial (PA em mmHg) foi aferida por meio de esfigmomanômetro aneroide (Tycos) e de um estetoscópio (WanMed). A pressão arterial média (PAM) foi calculada como previamente descrito.

O teste foi iniciado com a potência de 50W, sendo incrementados 50W a cada 2min. Os voluntários foram orientados a manterem a velocidade de 18 a 20 km/h (54 a 60 rpm).

O teste foi encerrado quando os voluntários não foram mais capazes de manterem a velocidade para a potência do estágio ou por desistência.

A partir da potência máxima (P_{max}) alcançada, foram obtidos os valores de 50 e 90% desta para utilização no protocolo de HIIT.

O VO_{2max} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) foi calculado por meio da seguinte equação (Balke e Ware,

1959): $200 \times [(12 \times W) / M]$, sendo W a carga externa em Watts e M a massa corporal em Kg.

2ª Visita

Pelo menos 72h após a primeira visita, os voluntários compareceram ao laboratório para realizarem a familiarização ao protocolo de HIIT e às medidas experimentais.

Foram mostradas as escalas de sensação térmica (ST), conforto térmico (CT), sensação de sede (SS) e percepção subjetiva do esforço (PSE).

A ST foi obtida de acordo com uma escala variando de 1 (insuportavelmente frio) a 13 (insuportavelmente quente) (Nishi e Gagge, 1977). O CT foi obtido de acordo com uma escala variando de 1 (muito confortável) a 4 (muito desconfortável) (Nishi e Gagge, 1977).

A SS foi obtida de acordo com uma escala variando de 1 (sem sede) a 9 (muita sede) (Nishi e Gagge, 1977). A PSE foi obtida de acordo com a escala de Borg, variando de 6 (muito fácil) a 20 (muito intenso) (Borg e colaboradores, 1982).

3ª e 4ª Visitas

Nestas duas visitas, os voluntários foram avaliados de forma randomizada em duas condições, com intervalo mínimo de 72h: Controle ($T_{ambiente}$: $22,9 \pm 0,9^{\circ}C$; UR: $70,1 \pm 9,9\%$) e Quente ($T_{ambiente}$: $32,2 \pm 0,5^{\circ}C$; UR: $63,9 \pm 4,5\%$). Após chegarem ao laboratório, os voluntários forneceram uma amostra da urina, recolhida no próprio laboratório e em recipiente adequado para verificar a GEU.

Foi feita a pesagem dos voluntários vestindo somente sunga e, separadamente, feita a pesagem do short. Os voluntários permaneceram então em repouso por 10min. Neste momento, foi coletada uma gota de sangue para a medida do lactato sanguíneo ($mmol \cdot L^{-1}$; Accutrend Plus Roche®).

Após um aquecimento de 5min com uma carga de 15W, foi iniciado o protocolo de HIIT composto por 4 blocos: (I) 1min a 90% P_{max} e 3min de recuperação a 50% P_{max} ; (II) 1min a 90% P_{max} e 3min de recuperação a 50% P_{max} ; (III) 1min a 90% P_{max} e 3min de recuperação a 50% P_{max} ; (IV) 1min a 90% P_{max} e 3min de recuperação a 50% P_{max} . Durante o protocolo, foram coletados minuto a minuto a (T_{pele}), ($T_{gastrointestinal}$), (FC), (ST), (CT), (SS) e (PSE).

A T_{pele} foi medida por meio de termopares fixados com fita adesiva em quatro

pontos do lado direito do corpo: peito (T_{peito}), tríceps (T_{triceps}), quadríceps ($T_{\text{quadriceps}}$) e panturrilha ($T_{\text{panturrilha}}$) e acopladas a um termômetro digital portátil (K, S-09K Instrutherm®).

A $T_{\text{gastrointestinal}}$ foi medida como um índice da T_{central} . Para tal, cada voluntário ingeriu cápsula telemétrica (CorTemp® Pill) na noite anterior ao protocolo, pelo menos 8h antes da sessão.

Cessado o exercício, novamente foi aferida a PA e feita uma nova medida de lactato. Os voluntários saíram do cicloergômetro, os equipamentos foram retirados, nova amostra de urina foi recolhida e os voluntários realizaram uma nova pesagem.

Esta pesagem foi feita após os voluntários serem secados e retirado o excesso de suor do corpo com uma toalha, vestindo somente a sunga, sem meias e sem tênis.

Variáveis Calculadas

Percentual de gordura (%G) - O %G foi calculado a partir das dobras cutâneas medidas (Jackson e Pollock, 1978). Para tal, primeiramente foi calculada a densidade corporal (DC), sendo $DC = 1,112 - [0,00043499 \times (\sum 7\text{dobras}) + 0,00000055 \times (\sum 7\text{dobras})^2] - [0,0002882 \times (\text{idade})]$. Logo após o %G foi calculado, sendo $\%G = [4,95/DC] - 4,5 \times 100$.

Nível de atividade física (NAF) - O NAF foi estratificado como previamente descrito.

Perda de suor (PS) - A PS (L) foi calculada a partir da variação entre a massa corporal inicial (MCI) e final (MCF): $PS = (MCI + H_2O \text{ ingerida}) - MCF$. Sendo: H_2O ingerida a quantidade de água ingerida 60min antes de cada sessão experimental, na proporção de 5mL.Kg^{-1} .

Área de superfície corporal (ASC) - A ASC (m^2) foi calculada de acordo com a seguinte equação (Du Bois, 1916): $ASC = (0,007184) \times (X^{0,425}) \times (Y^{0,725})$. Sendo: X a massa corporal (kg); Y a estatura (cm).

Consumo máximo de O_2 ($VO_{2\text{max}}$) - O $VO_{2\text{max}}$ ($\text{mL.Kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) foi calculado de acordo com a seguinte equação: $VO_{2\text{max}} = 200 + (12 \times W) / m$. Sendo W = a carga externa em W atingida no teste incremental; m = massa corporal em Kg.

Temperatura corporal (T_{corporal}) - A T_{corporal} ($^{\circ}\text{C}$) média foi calculada de acordo com a seguinte equação (Ramanathan, 1964): $T_{\text{corporal}} = 0,64T_{\text{gastrointestinal}} + 0,36T_{\text{pele}}$.

T_{pele} - A T_{pele} ($^{\circ}\text{C}$) média foi calculada de acordo com a seguinte equação (Ramanathan, 1964):

$$T_{\text{pele}} = 0,2T_{\text{peito}} + 0,2T_{\text{triceps}} + 0,3T_{\text{quadriceps}} + 0,3T_{\text{panturrilha}}$$

Índice de estresse fisiológico (IEF) - O IEF foi calculado como previamente descrito (27): $IEF = 5(T_{\text{gastrointestinalT}} - T_{\text{gastrointestinal}^{\circ}}) \times (39,5 - T_{\text{gastrointestinal}^{\circ}}) - 1 + 5(FCT - FC^{\circ}) \times (180 - FC^{\circ}) - 1$. Sendo: $T_{\text{gastrointestinalT}}$ e FCT os valores para um dado tempo da $T_{\text{gastrointestinal}}$ e da FC durante o exercício, respectivamente; $T_{\text{gastrointestinal}^{\circ}}$ e FC° os valores iniciais destas variáveis. O IEF apresenta uma classificação variando de 0 a 10, sendo que 0 representa “ausência de estresse” e 10 “estresse muito alto” (Moran, Shitzer e Pandolf, 1998).

Fração de contribuição dos sistemas cardiovascular (FCV) e termorregulatório (FCTR) - Para o cálculo da FCV e da FCTR foram utilizadas as seguintes equações (Tikuisis, McLellan e Selkirk, 2002): $FCV = [5/IEF] \times [(FCT - FC^{\circ}) / (180 - FC^{\circ})]$; e $FCTR = [5/IEF] \times [(T_{\text{gastrointestinalT}} - T_{\text{gastrointestinal}^{\circ}}) \times (39,5 - T_{\text{gastrointestinal}^{\circ}})]$.

Análise Estatística

Para verificação da normalidade dos dados foi realizado o teste de Shapiro-Wilk. Para análise dos dados ao longo do tempo de protocolo de exercício foi utilizada a ANOVA Two-Way de medidas repetidas, seguida do post hoc de Bonferroni.

Foi feito teste t de Student para verificar as diferenças na PS. Foi feita a correlação de Pearson para avaliar a correlação entre as variáveis fisiológicas e perceptivas. Os dados são mostrados como média \pm DP ($\alpha = 5\%$).

RESULTADOS

A tabela 1 apresenta os dados de caracterização da amostra, que foi homogeneizada a partir da área de superfície corporal e percentual de gordura.

Tabela 1 - Caracterização da amostra.

Amostra	Média	±	DP
Idade (anos)	35,5	±	7,4
Massa Corporal (Kg)	78,3	±	7,3
Estatura (cm)	180	±	0
IMC (Kg/m ²)	24,6	±	2,5
ASC (m)	2,0	±	0,1
%G	11,8	±	3,8
Treino Semanal (Km/sem)	128	±	22
NAF (Ma/A/Pa)	6/4/0*		

IMC: índice de massa corporal. ASC: área de superfície corporal. NAF: nível de atividade física, (Ma: muito ativo; A: ativo; Pa: pouco ativo). * Número de observações.

A tabela 2 apresenta os dados do teste incremental, sendo que os valores de 50% e 90% da P_{max} foram utilizados posteriormente na prescrição do HIIT.

Tabela 2 - Dados obtidos no teste incremental.

Amostra	Média	±	DP
FC _{max} (bpm)	183,0	±	5,2
P _{max} (W)	381,3	±	37,2
50% P _{max} (W)	190,6	±	22,3
90% P _{max} (W)	343,1	±	33,4
VO _{2max} (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	60,4	±	4,3
PSE	19,0	±	1,0

FC_{max}: frequência cardíaca máxima. P_{max}: potência máxima. VO_{2max}: consumo máximo de oxigênio. PSE: percepção subjetiva do esforço.

Em relação à PS, não foram observadas diferenças entre as sessões experimentais (Controle: 0,5±0,1L vs. Quente: 0,6±0,1L; p>0,05).

A figura 1 apresenta os ajustes da T_{gastrointestinal} (Fig.1A), da T_{corporal} (Fig.1B), da T_{pele} (Fig.1C) e da FC (Fig.1D) durante o protocolo do HIIT, nas condições ambientais Controle e Quente. Para as três variáveis termorregulatórias avaliadas, foi observado um efeito do ambiente quente durante o protocolo de HIIT (p<0,05).

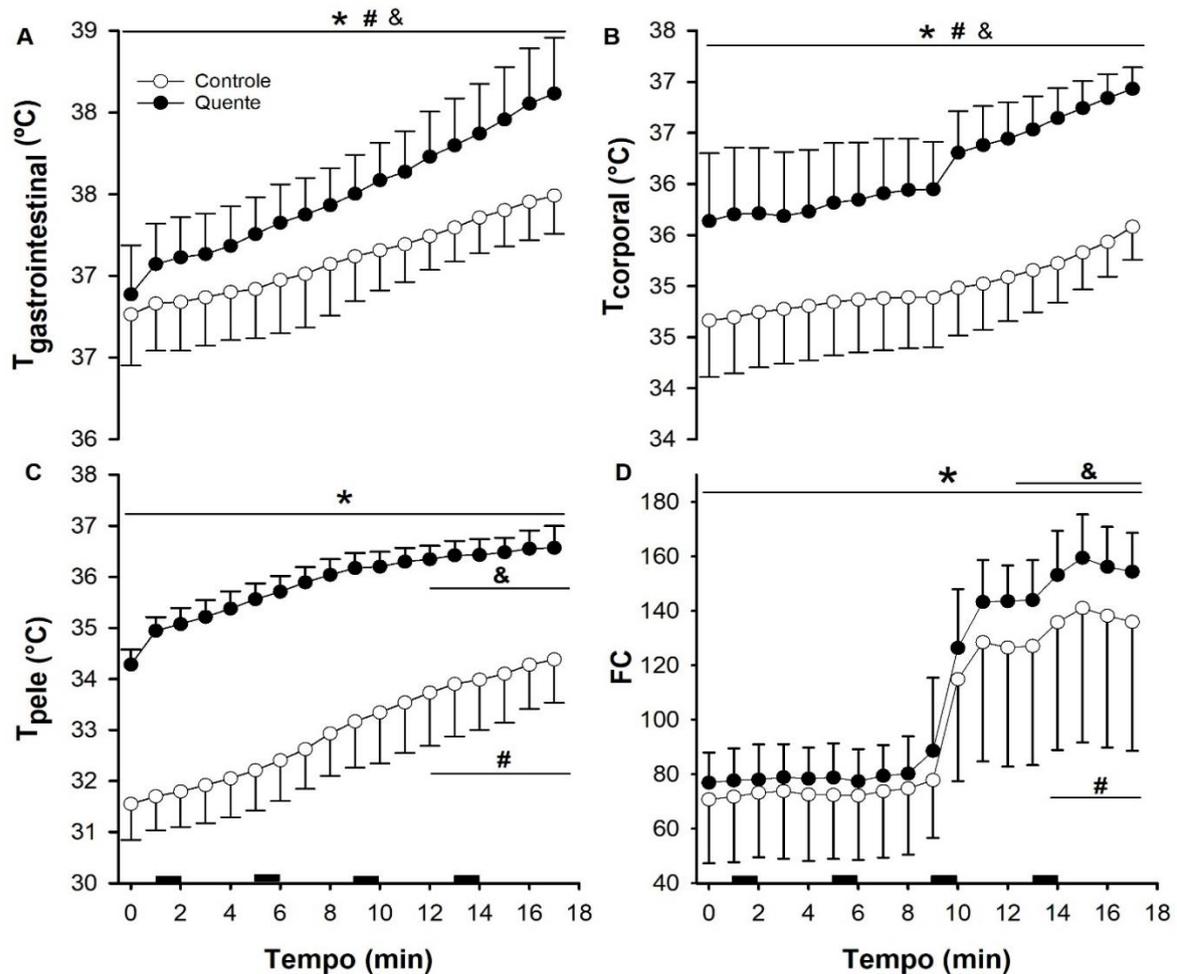


Figura 1 - Ajustes (A) temperatura gastrointestinal ($T_{\text{gastrointestinal}}$), (B) da temperatura corporal (T_{corporal}), (C) da pele (T_{pele}) e (D) da frequência cardíaca (FC) durante o protocolo de HIIT nas condições controle e quente. As barras pretas horizontais indiciam os momentos de 1min a $90\%P_{\text{max}}$. * = indica diferenças entre as condições controle e quente. # e &= indicam diferenças ao longo do tempo para as condições controle e quente, respectivamente. Média \pm DP.

A figura 2 apresenta os dados do IEF (Fig.2A), da FCV (Fig.2B) e do FCTR (Fig.2C). Para as três variáveis calculadas, foi observado um efeito do ambiente quente ($p < 0,05$).

Foram observados aumentos progressivos do IEF em ambos os protocolos, sendo que no ambiente quente foram observados valores maiores em comparação ao ambiente controle (min: 6-17; $p < 0,05$). A elevação do IEF foi influenciada em maior magnitude pela FCV em relação à FCTR.

No ambiente controle foram observados maiores valores de FCV (min: 3-11, 14-15; $p < 0,05$) em relação ao quente. No ambiente quente os voluntários apresentaram maior FCTR.

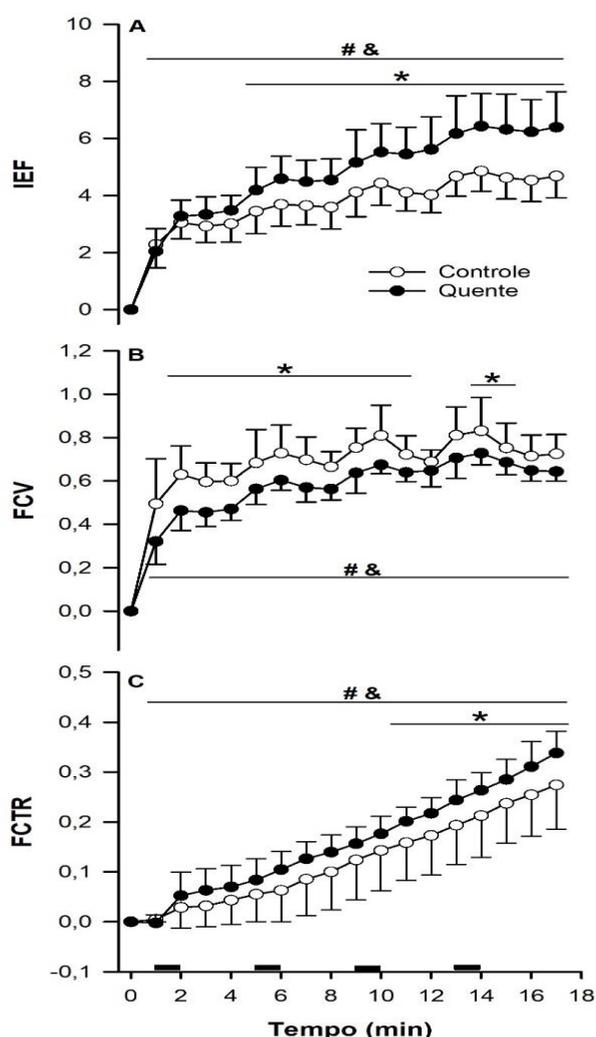


Figura 2 - Ajustes (A) do índice de estresse fisiológico (IEF), (B) da fração de contribuição cardiovascular e (C) da fração de contribuição termorregulatória (FCTR) durante o protocolo de HIIT nas condições controle e quente. As barras pretas horizontais indiciam os momentos de 1min a 90% P_{max} . * = indica diferenças entre as condições controle e quente. # e & = indicam diferenças ao longo do tempo para as condições controle e quente, respectivamente. Média \pm DP.

A figura 3 apresenta as respostas perceptivas de CT (A), ST (B), SS (C) e PSE (D) durante o protocolo de HIIT. Foi observado um efeito do ambiente quente, sendo que os voluntários apresentaram valores maiores no

ambiente quente em comparação ao controle para todas as respostas subjetivas avaliadas ($p < 0,05$).

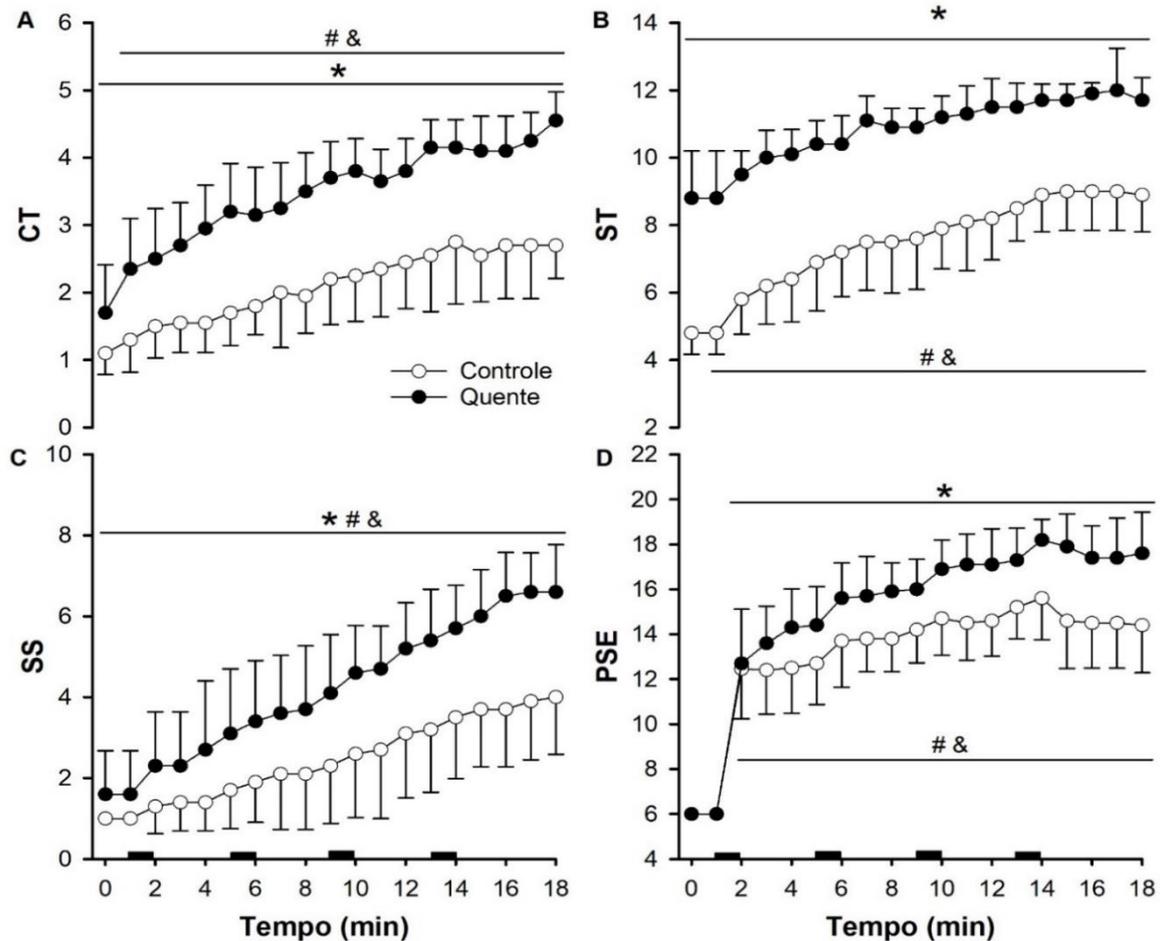


Figura 3 - Ajustes (A) do conforto térmico (CT), (B) da sensação térmica (ST), (C) da sensação de sede (SS) e (D) da percepção subjetiva de esforço (PSE) durante o protocolo de HIIT nas condições controle e quente. As barras pretas horizontais indiciam os momentos de 1 min a 90% P_{max} . * = indica diferenças entre as condições controle e quente. # e &= indicam diferenças ao longo do tempo para as condições controle e quente, respectivamente. Média \pm DP.

A tabela 3 apresenta os valores das correlações entre as variáveis fisiológicas e perceptivas. Para todas as variáveis, foram

encontradas correlações positivas, variando de boas a fortes em ambas as condições ($p < 0,05$).

Tabela 3 - Correlações entre as variáveis fisiológicas e perceptivas nas durante o protocolo de HIIT nas condições controle e quente.

Variáveis	Controle				Quente			
	CT	ST	SS	PSE	CT	ST	SS	PSE
$T_{gastrointestinal}$ ($^{\circ}C$)	0,94	0,95	0,99	0,79	0,94	0,93	0,99	0,89
T_{pele} ($^{\circ}C$)	0,98	0,97	0,99	0,86	0,98	0,97	0,96	0,97
FC (bpm)	0,78	0,81	0,71	0,81	0,93	0,94	0,93	0,93

$T_{gastrointestinal}$: temperatura gastrointestinal; T_{pele} : temperatura da pele; FC: frequência cardíaca; CT: conforto térmico; ST: sensação térmica; SS: sensação de sede; PSE- percepção subjetiva do esforço.

DISCUSSÃO

Estresse fisiológico imposto pelo ambiente quente em comparação ao ambiente temperado durante uma sessão de HIIT. A compreensão da interação destas variáveis é fundamental para o estabelecimento de estratégias direcionadas ao treinamento intervalado de alta intensidade sob condições de estresse térmico.

Os resultados confirmaram o maior estresse fisiológico durante o HIIT realizado em ambiente quente, o que foi atribuído principalmente a uma sobrecarga cardiovascular.

Além disso, observamos que existe correlação positiva e significativa entre as variáveis fisiológicas, principalmente a $T_{\text{gastrointestinal}}$, a FC e as variáveis perceptivas analisadas durante o HIIT.

A termorregulação representa a capacidade de manutenção da temperatura corporal interna em valores estáveis, o que se dá por meio de ações autonômicas e comportamentais do organismo (Tansey e Johnson, 2015; Flouris e Schlader, 2015).

Existem condições, como o exercício físico e a exposição aos ambientes quentes, que impõem um desafio para a capacidade termorregulatória, promovendo um desequilíbrio entre as taxas de ganho e de perda de calor (Cramer e Jay, 2016).

Sendo assim, a compreensão da interação entre fatores fisiológicos e perceptivos durante o exercício físico no calor pode contribuir substancialmente para prescrição do treinamento.

Durante a prática de exercícios como o HIIT, a produção de calor é proporcional à intensidade da atividade (Johnson, Benjamin e Silverman, 2002).

Sendo assim, a alta intensidade do HIIT promoverá uma alta demanda metabólica e, conseqüentemente, uma elevada produção de calor.

Pokora e Zebrowska (2016) compararam o estresse fisiológico e termorregulatório de atletas em provas de média/longa duração com atletas de esportes que exigem esforço intervalado de alta intensidade. Os experimentos foram realizados sob condições termoneutras, uma vez que o objetivo era avaliar o impacto do exercício, e não do ambiente. Os autores não encontraram diferenças nas respostas termorregulatórias e cardiovasculares entre os grupos durante a

execução de um protocolo de HIIT (Pokora e Zebrowska, 2016).

Sendo assim, concluíram que as adaptações advindas de modalidades distintas geraram adaptações termorregulatórias semelhantes nos voluntários da pesquisa (Pokora e Zebrowska, 2016). Contudo, o impacto do estresse térmico ambiental sobre as respostas fisiológicas não foi avaliado.

O estresse fisiológico experimentado durante o exercício físico é influenciado por diversos fatores, como a aptidão física do atleta e o ambiente em que o exercício é praticado (Merry, Ainslie e Cotter, 2010; Borg, Stewart e Costello, 2015).

Ao contrário de nossos resultados, estudos prévios que mediram o IEF durante o exercício no calor encontraram maior contribuição da fração termorregulatória em detrimento à cardiovascular (Moran, Shitzer e Pandolf, 1998; Frank e colaboradores, 2001).

Contudo, estas diferenças podem ser explicadas pelo modelo de exercício utilizado, sendo que nos trabalhos em questão foram aplicados protocolos de exercício aeróbico contínuo de intensidade moderada.

O HIIT é um modelo de exercício intermitente e que impõe uma variação de intensidade que sobrecarrega o sistema cardiovascular, impossibilitando a manutenção de um estado estável (Gibala e McGee, 2008; Buchheit e Laursen, 2013).

Do ponto de vista termorregulatório, evidências indicam que existe maior acúmulo de carga térmica durante a prática do HIIT em comparação ao aeróbico de baixa intensidade para um mesmo período de trabalho (Sperlich e colaboradores, 2018).

Contudo, as respostas termofetoras ao exercício são disparadas após o alcance do limiar térmico de temperatura interna. Como o HIIT se configura como uma prática de curta duração, as respostas termorregulatórias atuam de forma mais efetiva após o encerramento da prática (Sperlich e colaboradores, 2018).

Diversos estudos apontam que a performance é prejudicada durante o exercício físico no calor (Gonzalez-Alonso e colaboradores, 1985; Ftaiti e colaboradores, 2001; Flouris e Schlader, 2015), sendo que existem evidências de prejuízo termorregulatório em nível fisiológico e comportamental (Schlader, Stannard e Mundel, 2010; Flouris e Schlader, 2015).

Contudo, a interação entre estes fatores durante a prática do HIIT ainda é pouco explorada. Nosso estudo encontrou maiores valores de temperatura central e da pele, assim como do IEF no HIIT em ambiente quente, sendo que houve uma correlação positiva entre as variáveis fisiológicas e subjetivas.

Tal resultado é importante para os treinadores/professores que trabalham com o HIIT, uma vez que as escalas subjetivas, desde que utilizadas de forma adequada, podem funcionar como um indicativo de sobrecarga fisiológica durante a prática do HIIT no calor.

CONCLUSÃO

O estresse fisiológico imposto pelo ambiente quente, em comparação ao ambiente temperado, foi maior durante uma sessão de HIIT.

REFERÊNCIAS

- 1-Balke, B.; Ware, R.W. The present status of physical fitness in the Air Force. Randolph AFB, Texas: USAF School of Aviation Medicine. 1959.
- 2-Borrega, Y.; Sánchez, J.; Fuentes, P.; Collado, D.; Villafaina, S. Effects of High-Intensity Interval Training and Moderate-Intensity Training on Stress, Depression, Anxiety, and Resilience in Healthy Adults During Coronavirus Disease 2019 Confinement: A Randomized Controlled Trial. *Frontiers in Psychology*. Num. 12. 2021. <https://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2021.643069>
- 3-Borg, D.N.; Stewart, I.B.; Costello, J.T. Can perceptual indices estimate physiological strain across a range of environments and metabolic workloads when wearing explosive ordnance disposal and chemical protective clothing? *Physiology & behavior*. Vol. 147. 2015. p. 71-77. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.04.018>
- 4-Borg, G.A. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and science in sports and exercise*. Vol. 14. Num. 5. 1982. p. 377-381.
- 5-Buchheit, M.; Laursen, P.B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports medicine*. Vol. 43. Num. 5. 2013. p. 313-338. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0029-x>
- 6-Corbett, J.; White, D.K.; Barwood, M.J.; Wagstaff, C.R.; Tipton, M.J.; McMorris, T.; Costello, J.T. The effect of head-to-head competition on behavioural thermoregulation, thermophysiological strain and performance during exercise in the heat. *Sports Medicine*. Vol. 48. 2018. p. 1269-1279. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0816-x>
- 7-Cramer, M.N.; Jay, O. Biophysical aspects of human thermoregulation during heat stress. *Autonomic Neuroscience*. Vol. 196. 2016. p. 3-13. <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2016.03.001>
- 8-Flouris, A.D.; Schlader, Z. Human behavioral thermoregulation during exercise in the heat. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. Vol. 25. 2015. p. 52-64. <https://doi.org/10.1111/sms.12349>
- 9-Frank, A.; Belokopytov, M.; Shapiro, Y.; Epstein, Y. The cumulative heat strain index—a novel approach to assess the physiological strain induced by exercise-heat stress. *European journal of applied physiology*. Num. 84. p. 527-532. <https://doi.org/10.1007/s004210000368>
- 10-Ftaiti, F.; Grélot, L.; Coudreuse, J.M.; Nicol, C.; Coudreuse, J.M. Combined effect of heat stress, dehydration and exercise on neuromuscular function in humans. *European journal of applied physiology*. Vol. 84. 2001. p. 87-94. <https://doi.org/10.1007/s004210000339>
- 11-Gibala, M.J.; McGee, S.L. Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain? *Exercise and sport sciences reviews*. Vol. 36. Num. 2. 2008. p. 58-63. <https://doi.org/10.1097/jes.0b013e318168ec1f>
- 12-Gonzalez-Alonso, J.; Teller, C.; Andersen, S.L.; Jensen, F.B.; Hyldig, T.; Nielsen, B. Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *Journal of applied physiology*. Vol. 86. Num. 3. 1999. p. 1032-1039. <https://doi.org/10.1152/jappl.1999.86.3.1032>

- 13-Hanna, E.G.; Tait, P.W. Limitations to thermoregulation and acclimatization challenge human adaptation to global warming. *International journal of environmental research and public health*. Vol. 12. Num. 7. 2015. p. 8034-8074. <https://doi.org/10.3390/ijerph120708034>
- 14-Jackson, A.S.; Pollock, M.L. Generalized equations for predicting body density of men. *British journal of nutrition*. Vol. 40. Num. 3. 1978. p. 497-504. <https://doi.org/10.1079/bjn19780152>
- 15-Johnson, A.T.; Benjamin, M.B.; Silverman, N. Oxygen consumption, heat production, and muscular efficiency during uphill and downhill walking. *Applied Ergonomics*. Vol. 33. Num. 5. 2002. p. 485-491. [https://doi.org/10.1016/s0003-6870\(02\)00031-5](https://doi.org/10.1016/s0003-6870(02)00031-5)
- 16-Merry, T.L.; Ainslie, P.N.; Cotter, J.D. Effects of aerobic fitness on hypohydration-induced physiological strain and exercise impairment. *Acta physiologica*. Vol. 198. Num. 2. 2010. p. 179-190. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.2009.02051.x>
- 17-Moran, D.S.; Shitzer A.; Pandolf, K.B. A physiological strain index to evaluate heat stress. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. Vol. 275. Num. 1. 1998. p. R129-R134. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1998.275.1.r129>
- 18-Nakamae, D.D.; Araújo, C.P.; Miyadahira, A.M. K.; Takahashi, E.I.U.; Valente, M.A.; Chiarello, M.L.; Kimura, M. Urine exam: all strictness in collecting samples. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*. Vol. 14. Num. 1. 1980. p. 51-57. <https://doi.org/10.1590/0080-6234198001400100051>
- 19-Nishi, Y.; Gagge, A.P. Effective temperature scale useful for hypo-and hyperbaric environments. *Aviation, space, and environmental medicine*. Num. 48. Num. 2. 1977. p. 97-107.
- 20-Nunes, S; Castro, A.; Sardeli, A.; Cavaglieri, C. Mikahil, M. HIIT vs. SIT: What is the better to improve VO₂ max? A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 18 2021. <https://dx.doi.org/10.3390/ijerph182413120>
- 21-Pokora, I.; Żebrowska, A. Application of a physiological strain index in evaluating responses to exercise stress-a comparison between endurance and high intensity intermittent trained athletes. *Journal of Human Kinetics*. Vol. 50. 2016. p. 103. <https://doi.org/10.1515%2Fhukin-2015-0142>
- 22-Pollock, M.L. Exercise in health and disease. Evaluation and prescription for prevention and rehabilitation. 1990.
- 23-Ramanathan, N.L. A new weighting system for mean surface temperature of the human body. *Journal of applied physiology*. Vol. 19. Num. 3. 1964. p. 531-533. <https://doi.org/10.1152/jappl.1964.19.3.531>
- 24-Romanovsky, A.A. Thermoregulation: some concepts have changed. Functional architecture of the thermoregulatory system. *American journal of Physiology-Regulatory, integrative and comparative Physiology*. Vol. 292. Num. 1. 2007. p. R37-R46. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00668.2006>
- 25-Schlader, Z.J.; Stannard, S.R.; Mündel, T. Human thermoregulatory behavior during rest and exercise-a prospective review. *Physiology & behavior*. Vol. 99. Num. 3. 2010. p. 269-275. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2009.12.003>
- 26-Sperlich, B.; Clerck, I.; Zinner, C.; Holmberg, H. C.; Wallmann-Sperlich, B. Prolonged sitting interrupted by 6-min of high-intensity exercise: circulatory, metabolic, hormonal, thermal, cognitive, and perceptual responses. *Frontiers in physiology*. Vol. 9. 2018. p. 1279. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01279>
- 27-Tansey, E.A.; Johnson, C.D. Recent advances in thermoregulation. *Advances in physiology education*. 2015. <https://doi.org/10.1152/advan.00126.2014>
- 28-Tikusis, P.; Mclellan, T.M.; Selkirk, G. Perceptual versus physiological heat strain during exercise-heat stress. *Medicine and science in sports and exercise*. Vol. 34. Num. 9. 2002. p. 1454-1461. <https://doi.org/10.1097/00005768-200209000-00009>

2 - Laboratório de Biologia do Exercício,
Departamento de Educação Física,
Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas
Gerais, Brasil.

Autor correspondente:
William Martins Januário.
Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Educação Física.
Laboratório de Performance Humana.
Avenida Peter Henry Rolfs, s/n.
Viçosa-MG, Brasil.
CEP: 36570-000.

Recebido para publicação em 22/09/2023
Aceito em 03/02/2024