UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GLAUBER ALVES DE ALENCAR LIMA

A INFLUÊNCIA DO CLIMA QUENTE NO DESEMPENHO DE TRIATLETAS EM COMPETIÇÕES DE TRIATLO DE LONGA DURAÇÃO: REVISÃO NARRATIVA

CURITIBA, PR
2024

GLAUBER ALVES DE ALENCAR LIMA

A INFLUÊNCIA DO CLIMA QUENTE NO DESEMPENHO DE TRIATLETAS EM COMPETIÇÕES DE TRIATLO DE LONGA DURAÇÃO: REVISÃO NARRATIVA

Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão do Curso de Especialização em Fisiologia do Exercício, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná. Orientador: Prof. Dr. Fabrício Cieslak.

CURITIBA, PR
2024

“Bem-aventurado o homem que acha sabedoria,
e o homem que adquire conhecimento.”

— PROVÉRBIOS 3:13

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente sempre a Deus por todas as graças e dádivas que Ele sempre tem me concedido desde o nascimento. Não fosse por Ele eu não poderia estar aqui nesse momento.

Agradeço a meus pais, Getúlio de Alencar (*em memória*) e Maria Inês, que sempre fizeram o melhor que podiam por mim, por serem exemplos em tudo que fazem, por me aconselharem e apoiarem durante a minha vida.

Agradeço a minha esposa, Mikaelle, por ser um presente de Deus que vem transformando tudo em minha vida, e a meu filho, Henrique, que me trouxe uma nova maneira de ver o mundo.

Agradeço a meus grandes amigos e conselheiros Davi Brás e Belmiro Tesser, que sempre que possível estão presentes nos treinos e provas de triatlo, nos momentos difíceis, desafiadores e também alegres da minha vida.

Agradeço a Universidade Federal do Paraná e aos professores do Curso de Especialização em Fisiologia do Exercício pela oportunidade de realizar esta Pós-Graduação, e em especial ao professor Fabricio Cieslak que me orientou no início deste estudo.

Todos tem o meu imenso respeito, consideração e gratidão.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi buscar descobrir, por meio de levantamento bibliográfico, os efeitos do calor e da umidade elevados no desempenho de atletas em provas de triatlo (ou esportes de endurance) de longa distância (duração), e diversas contramedidas para minimizar o impacto dessas duras tensões ambientais para tentar manter um alto nível de desempenho.

Palavras-chave: Calor, impacto, desempenho, triatlo.

ABSTRACT

The objective of this study was to seek to discover, through bibliographical research, the effects of high heat and humidity on the performance of athletes in long-distance (duration) triathlon (or endurance sports) events, and various countermeasures to impact these harsh environmental stresses to try to maintain an elevated level of performance.

Keywords: Heat, impact, performance, triathlon.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 8
2 METODOLOGIA 15
3 DESENVOLVIMENTO..... 17
4 RESULTADOS 21
5 CONCLUSÃO 32
REFERÊNCIAS..... 33

1 INTRODUÇÃO

O Triatlo surgiu em 1974 na cidade de San Diego, Califórnia (EUA). Um clube de atletismo enviou aos seus atletas uma planilha de treinamentos com exercícios de natação e ciclismo para que usassem nas férias. No retorno às atividades, os treinadores fizeram um teste para saber se os atletas haviam feito a "lição de casa", que consistia em nadar 500 metros na piscina do clube, pedalar 12 quilômetros em um condomínio fechado ao lado do clube e, finalmente, correr 5 quilômetros na pista de atletismo. Em outubro de 1977, o ex-oficial John Collins sugeriu então uma prova contendo as três modalidades, praticadas de forma sucessiva e sem intervalos. Quem as concluíssem em menor tempo seria conhecido como "Ironman", ou "Homem de Ferro" . Meses depois da proposta, em fevereiro de 1978, 15 atletas participaram da disputa, que foi vencida por um motorista de táxi chamado John Haley. O evento deu tão certo que, desde então, anualmente (sempre em outubro), mais de 3.000 atletas tentam superar esse desafio no Havaí (BRASIL, 2024).

No ano 2000 a modalidade passou a integrar oficialmente o programa olímpico nos Jogos de Sydney, na Austrália, sendo composto pelas distâncias de 1.5 km de natação + 40 km de ciclismo + 10 km de corrida. Além da disputa individual para as categorias feminino e masculino, a partir do ano 2020 nos Jogos Olímpicos de Tóquio, no Japão, passou-se a ter a disputa por equipes: o Triathlon Mixed Relay, um revezamento misto com times formados por 2 homens e 2 mulheres (TRIATHLON, 2018).

Na tabela abaixo tem-se as distâncias oficiais das provas de trialto.

Tabela 1.1: Provas de triatlo e suas distâncias

Prova	Natação	Ciclismo	Corrida
Mixed Relay (revezamento misto)	300 metros	8 kms	2 kms
Sprint (ou Short)	750 metros	20 kms	5 kms
Olímpico (ou Standard)	1500 metros	40 kms	10 kms
Longa distância	3000 metros	80 kms	20 kms
Meio-Ironman (ou 70.3)	1900 metros	90 kms	21 kms
Ironman (ou Full)	3800 metros	180 kms	42 kms

Fonte: Confederação Brasileira de Triathlon

O triatlo é um esporte de endurance individual conhecido pela prática de três modalidades esportivas: natação, ciclismo e corrida. Mas o mesmo pode ser definido como

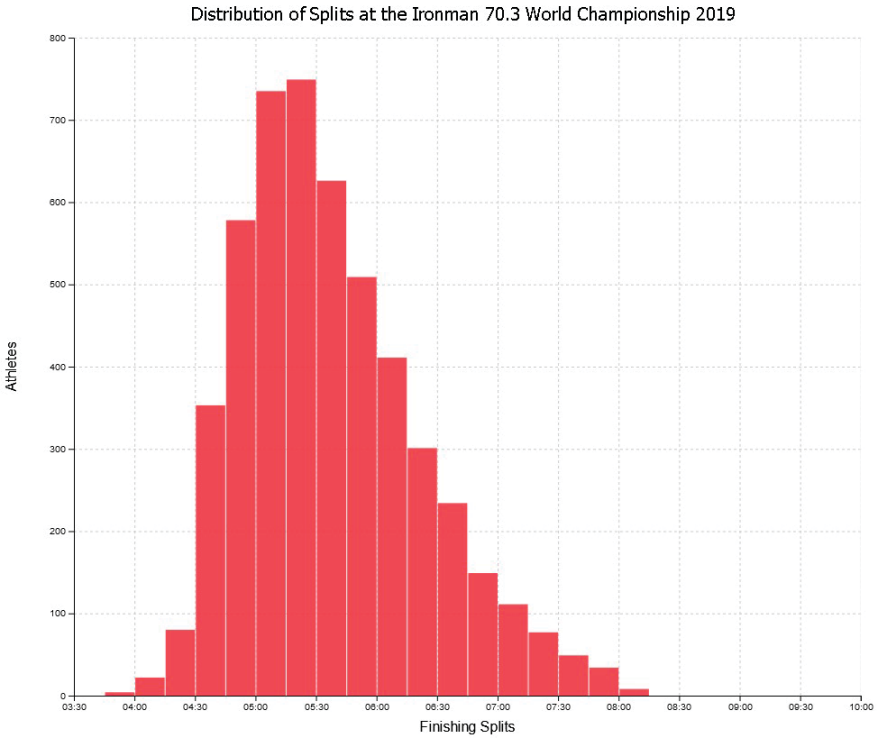
uma modalidade esportiva dividida em cinco etapas realizadas de maneira sequencial: nadar, transição da natação para o ciclismo (T1), pedalar, transição do ciclismo para a corrida (T2), correr, pelo fato do cronômetro não parar desde o momento da largada (início da natação) até a chegada (fim da corrida). (LOPES; SANTOS, 2023).

A participação no triatlo nos níveis de elite e recreativo aumentou substancialmente nos últimos anos. No Brasil, as competições de Meio-Ironman e de Ironman vem atingindo cada vez mais popularidade. A edição do Meio-Ironman Brasil que ocorreu em abril de 2023, em Florianópolis, teve número recorde de participantes, vindos de 27 países com quase duas mil pessoas inscritas na prova (ESPORTE, 2023).

No Brasil, a empresa Ticket Sports, maior plataforma de venda de inscrições para eventos esportivos da América Latina, disponibilizou uma pesquisa realizada em 2022 com números do cenário do Triatlo no Brasil. O esporte teve um crescimento de 62,4% em menos de três anos (DONATELLO, 2022).

Na figura 1.1 abaixo tem-se a relação da quantidade de atletas que participaram do Campeonato Mundial de Meio-Ironman no ano de 2019 por (faixas) tempo de prova.

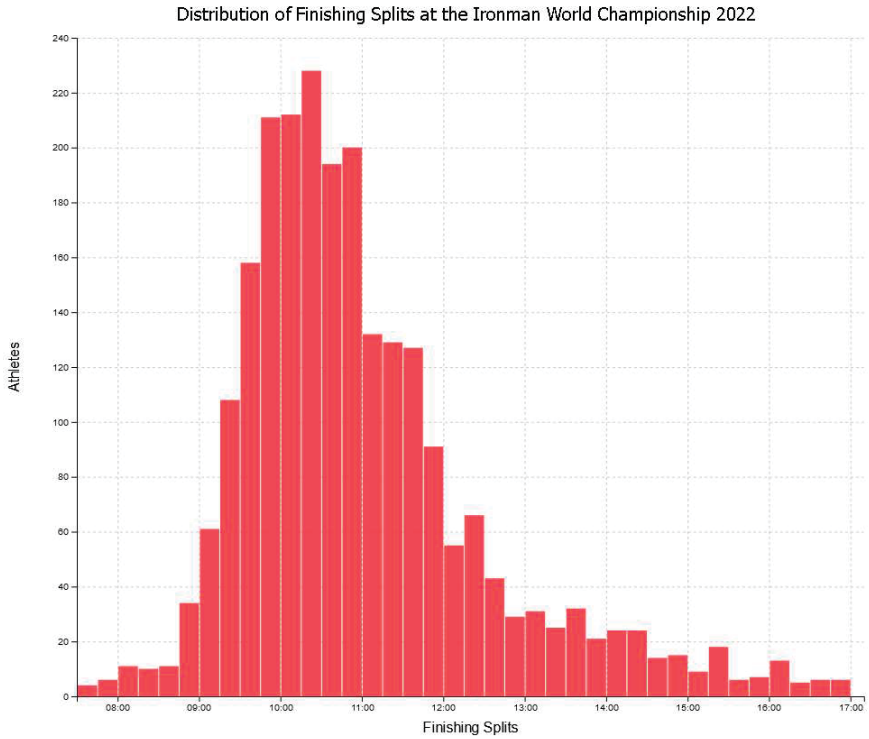
Figura 1.1: Resultado do Campeonato Mundial de Meio Ironman (70.3) de 2019



Fonte: Ironman.com

Na figura 1.2 abaixo tem-se a relação da quantidade de atletas que participaram do Campeonato Mundial de Ironman no Havaí no ano de 2022 por (faixas) tempo de prova.

Figura 1.2: Resultado do Campeonato Mundial de Ironman de 2022



Fonte: Ironman.com

O triatlo é um dos esportes mais florescentes do mundo. Único a mesclar três modalidades diferentes (natação, ciclismo e corrida) com diferentes provas e distâncias. Comparado aos esportes individuais, o grande desafio do triatlo é integrar três modalidades distintas que se diferenciam das demais na duração, modo de exercício, padrões de movimento dos membros e principais grupos musculares. O desempenho do triatleta depende de vários fatores (antropometria, fisiologia, biomecânica, nutrição ou condições ambientais). Por ser realizada ao ar livre, os aspectos ambientais também influenciam a percepção de esforço e carga térmica, afetando o desempenho durante a corrida (MELLO et al., 2020).

O desempenho no triatlo depende de fatores que incluem capacidade fisiológica, proficiência técnica e estratégia de prova, entre outros. Os triatlos de longa distância (duração) impõem um estresse substancial principalmente em climas quentes. A preparação para mitigar os efeitos do calor úmido é essencial para o desempenho não só no triatlo mas em vários esportes.(KISSLING; AKERMAN; COTTER, 2020).

Em locais com clima mais quente a pratica de modalidades esportivas de longa duração acarretam perda no desempenho esportivo, graças ao aumento da temperatura

corporal e a glicemia, criando assim uma condição ainda mais desafiadora para o organismo dos atletas (TIRAPEGUI, 2021).

Durante as corridas de Maratonas, alguns corredores chegam a perder até 8% de seu peso corporal, e além de água, outras substâncias são perdidas através do suor, como o Sódio (Na+), Potássio (K+), Cloro (Cl-), e Magnésio (Mg2+). Essas alterações ocorrem na prática de esportes de longa duração, como a maratona e o triatlo, na qual duram mais de duas horas, dependendo da intensidade e distância da modalidade (POWERS; HOWLEY, 2017).

O estresse térmico não compensável prejudica muito a resistência e o desempenho porque um aumento na temperatura central induz diretamente uma maior magnitude da fadiga central no calor do que em ambientes termicamente neutros (CAO et al., 2022).

A combinação de estresse térmico ambiental e produção de calor induzida pelo exercício provavelmente excederá as capacidades de dissipação de calor do corpo, resultando em profundas elevações da temperatura central. As elevações da temperatura central induzidas pelo exercício podem causar reduções substanciais no desempenho do exercício e colocar os atletas em risco de desenvolver doenças relacionadas ao calor, como exaustão pelo calor e insolação (KORTE; BONGERS; HOPMAN, 2021).

Comparando o desempenho de atletas de elite em eventos de resistência competindo em Campeonatos Mundiais da Associação Internacional de Federações de Atletismo (IAAF) entre 1999 e 2011, em ambientes quentes ($>25^{o}C$) com aqueles em condições temperadas mais frias ($<25^{o}C$), observou-se um pior desempenho em condições quentes, redução de 3% no desempenho (GUY et al., 2015).

Praticar exercícios no calor induz tensões termorregulatórias e outras tensões fisiológicas que podem levar a prejuízos na capacidade de executar exercícios de resistência (RACINAIS et al., 2015).

Numerosas investigações científicas tentaram melhorar o desempenho no calor com pré-resfriamento (resfriamento antes de um teste de esforço) e, como tal, isso se tornou uma prática ergogênica bem estabelecida para atletas de resistência (STEVENS; TAYLOR; DASCOMBE, 2017).

As alterações climáticas impõem um aumento constante da temperatura da superfície global e a incidência de fenómenos meteorológicos extremos, incluindo ondas de calor. Um dos maiores impactos das alterações climáticas para os seres humanos é o aumento da morbilidade e mortalidade infligidas por condições ambientais elevadas. Os eventos desportivos são cada vez mais ameaçados por ondas de calor (AYLWIN et al.,

2023).

Atletas que participam de atividade física prolongada no calor experimentam distúrbios homeostáticos marcantes que podem provocar fadiga prematura e afetar tanto a capacidade de trabalho quanto o desempenho do exercício atlético (STEVENS; TAYLOR; DASCOMBE, 2016).

O estresse térmico aumenta a demanda colocada no sistema cardiovascular. O exercício também induz estresse no sistema cardiovascular, e a combinação do estresse térmico com o exercício pode levar a um desafio fisiológico onde as demandas de fluxo sanguíneo começam a desafiar o débito máximo do coração, eventualmente levando à fadiga, exaustão e/ou declínio. no desempenho (DENBY et al., 2020).

A termorregulação é particularmente importante para atletas de resistência que frequentemente competem em ambientes quentes e úmidos, onde a capacidade do corpo de termorregular está comprometida, tendo um impacto prejudicial no desempenho (DOMENICO; HOFFMANN; COLLINS, 2022).

A temperatura corporal central (TC) de um atleta aumenta durante exercícios extenuantes. Apenas cerca de 20 a 25% da energia utilizada se traduz em movimento, com o restante liberado como calor. O aumento da TC é proporcional às demandas de movimento e, portanto, os atletas de eventos de resistência podem experimentar uma TC alta. Os atletas muitas vezes competem em condições quentes e/ou úmidas, onde a capa- cidade de troca de calor diminui. Consequentemente, se a produção de calor exceder a capacidade do corpo de dissipar, a TC de um atleta pode aumentar muito, resultando em uma redução no ritmo ou na produção de potência, reduzir o desempenho e, em alguns cenários, pode ocorrer doença causada pelo calor/insolação por esforço (SINGH et al., 2023).

O sofrimento gastrointestinal (GI) associado ao exercício e à competição é um problema comum encontrado por atletas em uma ampla gama de atividades esportivas. A maioria dos atletas, especialmente os atletas de resistência, apresentam alguns problemas gastrointestinais durante o exercício (WILSON, 2019).

As temperaturas ambientes superiores a $30^{o}C$ prejudicam significativamente a capacidade manter a execução de exercícios de resistência. O estresse térmico ambiental altera significativamente o metabolismo do substrato durante o exercício, com aumento da utilização de carboidratos e uma diminuição concomitante na oxidação lipídica durante o exercício (BENNETT et al., 2023).

Em ambientes quentes, o exercício físico pode levar a aumentos significativos

da temperatura central e à hipohidratação. Esses efeitos podem, por sua vez, levar à hipertermia e desidratação, o que pode eventualmente prejudicar e limitar o desempenho de resistência (MIYAZAWA1 et al., 2021).

A hidratação adequada desempenha um papel na termorregulação e nas alterações cardiovasculares durante o exercício. Embora os aumentos na ingestão de sódio sejam incentivados para compensar as perdas de sódio na forma de suor (as diretrizes de exercícios e reposição de líquidos do ACSM recomendam 20 a 30 mEq de sódio/L (460 a 690 mg/L) de líquido durante o exercício), concentrações elevadas de sódio sérico reduzem as taxas de suor e, portanto, podem prejudicar a termorregulação. Com base em recomendações e percepções, muitos atletas de resistência consomem suplementos de sal durante o exercício, apesar da possibilidade de que o sal possa prejudicar a termorregulação durante exercícios de resistência prolongados (EARHART et al., 2015).

Sabe-se que as exigências associadas ao treinamento para uma competição como o triatlo influenciam as características psicológicas dos atletas. O impacto dos estados psicológicos no desempenho desportivo tem sido amplamente reconhecido. Em particular, descobriu-se que os estados psicológicos que precedem a competição desempenham um papel importante no desempenho (MCDONALD; LOSTY; MACCARTHY, 2023).

A ansiedade, interrupção do sono, viagens, déficits nutricionais e extremos ambientais, também podem impactar o sistema imunológico de atletas, principalmente quando os praticantes são expostos a uma sobrecarga de treinamento que ultrapassa os limites fisiológicos pessoais, situação conhecida como *overreaching* e/ou *overtraining* (MOMESSO et al., 2022).

De todos os fatores que ocorrem durante uma prova de triatlo, prevenir a desidratação excessiva bebendo durante a corrida tem sido sugerido como uma das estratégias principais para manter o desempenho físico durante a competição. Esta recomendação baseia-se nos efeitos deletérios da desidratação progressiva no desempenho nos esportes de resistência (COSO et al., 2014).

Climas quentes e úmidos impactam no desempenho e na taxa de desistência em provas de triatlo de longa distância, como observado no Campeonato Mundial de Ironman de Kona (Havaí) todo mês de outubro. Os atletas amadores das faixas etárias são mais lentos em Kona do que nas corridas de qualificação, e a taxa de desistência pode chegar a 10%, uma proporção alta considerando o nível de condicionamento físico dos atletas que participam deste evento específico. Da mesma forma, mais de 25% dos atletas não alcançaram a linha de chegada no primeiro Ironman Vichy em 2015, que foi realizado em

condições excepcionalmente quentes (31 a 35^{o}C), em contraste com as corridas norte-americanas com um mínimo de 95% de taxa de finalização (CHABERT; HERMAND; HUE, 2019).

As corridas de longa duração, como as ultramaratonas ou os triatlos de longa distância, são altamente afetadas pelas tensões ambientais devido a uma exposição muito mais longa a estas condições. A análise dos tempos dos vencedores em diversas maratonas, concluiu que a temperatura ambiente ideal para o desempenho da corrida está entre 10 e 12^{o}C para atletas de elite. O desempenho de corredores mais lentos, expostos ao calor por mais tempo do que corredores mais rápidos, são mais afetados por temperaturas mais altas (HERMAND; CHABERT; HUE, 2019).

Nas modalidades mais longas do triatlo os atletas passam horas praticando o esporte sendo levados a um desgate tanto físco quanto mental, principalmente em locais onde o clima possui temperaturas elevadas e úmidas. Por isso é fundamental procurar entender qual o impacto das variações climáticas (temperatura e umidade) na prática esportiva, não só durante o treinamento mas principalmente durante uma competição. O objetivo deste estudo foi buscar descobrir, por meio de levantamento bibliográfico, os efeitos do calor e da umidade elevados no desempenho de atletas em provas de triatlo (ou esportes de endurance) de longa distância (duração), e diversas contramedidas para minimizar o impacto dessas duras tensões ambientais para tentar manter um alto nível de desempenho.

2 METODOLOGIA

O estudo aqui apresentado é uma revisão narrativa de literatura a respeito das principais influências do calor e da umidade elevados no organismo do atleta e no seu desempenho esportivo em provas de triatlo (ou esportes de endurance) de longa distância (duração), e formas de tentar minimizar esse impacto dessas duras tensões ambientais para tentar manter um alto nível de desempenho.

A pesquisa por artigos de estudos foi realizada em dezembro de 2023, e foram utilizadas as bases:

- SCIELO (idioma português) com os descritores:
  calor, impacto, desempenho, triatlo.
- PubMed, ResearchGate e Springer (idioma inglês) com os descritores:
  heat, impact, performance, triathlon.

Com o filtro foram pesquisados as publicações a partir do ano de 2014 até o ano de 2023. Por padrão após as buscas foram removidos da seleção artigos que são de acesso restrito, artigos duplicados e artigos que fogem do tema deste estudo. Foi feita uma primeira análise dos artigos levando em consideração o título, assunto e palavras chaves para a identificação dos elegíveis para compor este estudo.

- Na base de dados SCIELO <https://www.scielo.br> : Nenhum artigo.
  Ao se realizar outra consulta utilizando o descritor ‘endurance’ ao invés de ‘triatlo’ novamente nenhum artigo foi encontrado.
- Na base de dados PubMed <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov> : 3 artigos.
  Ao se realizar outra consulta utilizando o descritor ‘endurance sport’ ao invés de ‘triathlon’ foram encontrados 63 artigos, e após avaliação foram selecionados **17** artigos.
- Na base de dados ResearchGate <https://www.researchgate.net>: Dos 100 primeiros artigos encontrados, após avaliação foram selecionados **12** artigos.
- Na base de dados Springer <https://www.springer.com> : Dos 100 primeiros artigos encontrados, após avaliação foram selecionados **8** artigos.

Na tabela abaixo tem-se as quantidades de artigos selecionados inicialmente.

Tabela 2.1: Bases pesquisadas e quantidade de artigos

Base	Quantidade
SCIELO	0
PubMed	17
ResearchGate	12
Springer	8

Fonte: O Autor

De posse dos artigos selecionados inicialmente, foi feita uma segunda análise dos seguintes dados quando disponibilizados: resumo, introdução, provas ou discussões e conclusão. Após essa segunda análise foram selecionados os artigos para compor este estudo. As informações sobre os artigos selecionados são apresentadas nos capítulos a seguir.

3 DESENVOLVIMENTO

Na tabela abaixo encontra-se a relação dos 29 artigos selecionados, com o ano de publicação do mesmo e uma nota quanto a correlação com o tema abordado nesta revisão, podendo ser Alta, Média e Baixa. Os artigos estão ordenados pelo grau da Correlação (da mais alta para a mais baixa), Ano (do mais recente para mais antigo) e Título (ordem alfabética).

Tabela 3.1: Estudos selecionados para esta revisão

Título (Autor) e endereço do estudo	Ano	Correlação
Delineating the impacts of air temperature and humidity for endurance exercise (JENKINS et al., 2023) <*DOI: 10.1113/EP090969*>	2023	Alta
Thermoregulatory responses during road races in hot-humid conditions at the 2019 Athletics World Championships (AYLWIN et al., 2023) <*DOI: 10.1152/japplphysiol.00348.2022*>	2023	Alta
Impact of thermal sensation on exercise performance in the heat: a Thermo Tokyo sub-study (KROESEN et al., 2022) <*DOI: 10.1007/s00421-021-04845-8*>	2022	Alta
The impact of exercise modality on exercise-induced gastrointestinal syndrome and associated gastrointestinal symptoms (COSTA; MIKA; MCCUBBIN, 2022) <*DOI: 10.1016/j.jsams.2022.07.003*>	2022	Alta
Exercise Performance and Thermoregulatory Responses of Elite Athletes Exercising in the Heat: Outcomes of the Thermo Tokyo Study (KORTE; BONGERS; HOPMAN, 2021)<*DOI: 10.1007/s40279-021-01530-w*>	2021	Alta
Acute physiological responses during a Brazilian endurance triathlon race (MELLO et al., 2020) <*DOI: 10.6063/motricidade.20701*>	2020	Alta
Triathlon and Ultra-Endurance Events in Tropical Environments (CHABERT; HERMAND; HUE, 2019) <*DOI: 10.1007/978-3-319-93515-7_15*>	2019	Alta
Ultra-endurance events in tropical environments and countermeasures to optimize performances and health (HERMAND; CHABERT; HUE, 2019) <*DOI: 10.1080/02656736.2019.1635718*>	2019	Alta

Continua na próxima página

Tabela 3.1 – *Continuação da tabela*

Título (Autor) e endereço do estudo	Ano	Correlação
Cooling During Exercise: An Overlooked Strategy for Enhancing Endurance Performance in the Heat (STEVENS; TAYLOR; DASCOMBE, 2017) <*DOI: 10.1007/s40279-016-0625-7*>	2017	Alta
The Incidence Of Exertional Heat Stroke During Mass-Participation Triathlon Races: Optimising Athlete Safety (KNIGHT et al., 2017) <*DOI: 10.1136/bjsports-2016-097372.155*>	2017	Alta
Prolonged self-paced exercise in the heat – environmental factors affecting performance (STEVENS; TAYLOR; DASCOMBE, 2016) <*DOI: 10.1080/23328940.2016.1216257*>	2016	Alta
Consensus Recommendations on Training and Competing in the Heat (RACINAIS et al., 2015) <*DOI: 10.1007/s40279-015-0343-6*>	2015	Alta
Hydration and Thermoregulation during a Half-Ironman Performed in Tropical Climate (BAILLOT; HUE, 2015) <*http://www.jssm.org*>	2015	Alta
Adaptation to Hot Environmental Conditions: An Exploration of the Performance Basis, Procedures and Future Directions to Optimise Opportunities for Elite Athletes (GUY et al., 2015) <*DOI: 10.1007/s40279-014-0277-4*>	2014	Alta
Relationship between physiological parameters and performance during a half-ironman triathlon in the heat (COSO et al., 2014) <*DOI: 10.1080/02640414.2014.915425*>	2014	Alta
Acute heat stress amplifies exercise-induced metabolomic perturbations and reveals variation in circulating amino acids in endurance-trained males (BENNETT et al., 2023) <*DOI: 10.1113/EP090911*>	2023	Média
An Investigation of the Psychological Status of Amateur Athletes Before and After a Triathlon Competition (MCDONALD; LOSTY; MACCARTHY, 2023) <*DOI: 10.24018/ejsport.2023.2.3.83*>	2023	Média
Core body temperature responses during competitive sporting events: A narrative review (SINGH et al., 2023) <*DOI: 10.5114/biolsport.2023.124842*>	2023	Média

Continua na próxima página

Tabela 3.1 – *Continuação da tabela*

Título (Autor) e endereço do estudo	Ano	Correlação
Head, Face and Neck Cooling as Per-cooling (Cooling During Exer- cise) Modalities to Improve Exercise Performance in the Heat: A Nar- rative Review and Practical Applications (CAO et al., 2022) <*DOI: 10.1186/s40798-022-00411-4*>	2022	Média
Metabolic and immune/inflammatory alterations induced by a triathlon under extreme conditions (MOMESSO et al., 2022) <*DOI: 10.3389/fspor.2022.915343*>	2022	Média
The Role of Sports Clothing in Thermoregulation, Comfort, and Performance During Exercise in the Heat: A Narrative Review (DOMENICO; HOFFMANN; COLLINS, 2022) <*DOI: 10.1186/s40798-022-00449-4*>	2022	Média
Cooling at Tokyo 2020: the why and how for endurance and team sport athletes (TAYLOR; CARTER; STELLINGWERFF, 2020) <*DOI: 10.1136/bjsports-2020-102638*>	2020	Média
Heat-induced hypervolemia: Does the mode of acclimation matter and what are the implications for performance at Tokyo 2020? (KISSLING; AKERMAN; COTTER, 2020) <*DOI: 10.1080/23328940.2019.1653736*>	2020	Média
The Impact of Wrist Percooling on Physiological and Perceptual Responses during a Running Time Trial Performance in the Heat (DENBY et al., 2020) <*DOI: 10.3390/ijerph17207559*>	2020	Média
Does Hypohydration Really Impair Endurance Performance? Methodological Considerations for Interpreting Hydration Research (JAMES et al., 2019) <*DOI: 10.1007/s40279-019-01188-5*>	2019	Média
Heat, Hydration and the Human Brain, Heart and Skeletal Muscles (TRANGMAR; GONZáLEZ-ALONSO, 2019) <*DOI: 10.1007/s40279-018-1033-y*>	2019	Média
Effects of Oral Sodium Supplementation on Indices of Thermoregulation in Trained, Endurance Athletes (EARHART et al., 2015) *http://www.jssm.org*	2015	Média
Intermittent face cooling reduces perceived exertion during exercise in a hot environment (MIYAZAWA1 et al., 2021) <*DOI: 10.1186/s40101-021-00262-0*>	2021	Baixa
'I think I'm gonna hurl': A Narrative Review of the Causes of Nausea and Vomiting in Sport (WILSON, 2019) <*DOI: 10.3390/sports7070162*>	2019	Baixa

Fonte: O Autor

Dos artigos selecionados supracitados, 10 foram publicados recentemente, nos últimos dois anos (2023 e 2022), e 9 foram publicados a mais tempo (entre 7 e 10 anos). Pode-se observar que houve uma variedade de temas abordados nos estudos: hidratação, resfriamento, aclimatação, roupas, reposição sódio, taxa de sudorese, desempenho cognitivo, indicadores de lesão muscular e inflamação, tanto em atletas de elite quanto atletas amadores. Porém os assuntos comumente estudados foram sobre hidratação e resfriamento térmico do corpo por meios externos (e as respostas fisiológicas ao calor). Ainda pode-se citar os temas adaptação ao calor e problemas gastro-intestinais em segundo lugar. Nem todos os estudos tiveram amostras com atletas sendo avaliados (antes, durante e/ou após um evento ou competição). Em relação aos eventos e competições, 7 foram de triatlo de longa distância (duração) especificamente, e o restante foram sobre esportes de endurance (como corrida e ciclismo).

4 RESULTADOS

Efetivamente, dentre os fatores ambientais, a quantidade de vapor d'água no ar (umidade absoluta) gera grande influência, pois o gradiente de pressão do vapor d'água entre a pele e o ambiente leva ao resfriamento através da evaporação pela transpiração. A temperatura e a velocidade do ar (por exemplo, o vento relativo) são outros contribuintes para a troca total de calor, além do calor radiante. Os efeitos agudos de uma prova de triatlo de resistência sobre as variáveis de lesão e fadiga muscular apresentaram aumento comparando os dados basais e pós-corrida. Em relação às variáveis de percepção subjetiva, foi observado aumento significativo da PSE ao longo dos momentos da corrida. Houve um aumento no conforto térmico e na percepção do calor no pós-corrida em comparação com o valor basal. Pode-se recomendar: hidratação principalmente após a natação e durante o ciclismo devido ao mascaramento da sensação térmica nestes momentos; recomenda-se recuperação ativa com a bicicleta ou corrida leve para melhor recuperação enzimática pós-prova; quando os marcadores bioquímicos de lesão e inflamação tecidual estão elevados (MELLO et al., 2020).

A aclimatação ao calor, a exposição repetida ao calor para provocar adaptações fisiológicas e psicofísicas, ajuda a melhorar a tolerância e o desempenho nos exercícios no calor. A aclimatação ao calor contribui para adaptações funcionais (por exemplo, menor frequência cardíaca e aumento da capacidade de perda de calor), que podem ser particularmente importantes em atletas de eventos de resistência prolongados. Essas adaptações serão diferentes devido a fatores individuais, por exemplo, aptidão aeróbica, sexo, exposição anterior ao calor (KISSLING; AKERMAN; COTTER, 2020).

O aumento da temperatura interna e a utilização maior de substratos causados pela prática da atividade física prolongada são fatores determinantes para a fadiga, levando o organismo ao cansaço. Em atletas praticantes de provas de atletismo de 10kms, que não estejam devidamente hidratados, constata-se uma diminuição da massa corporal em 2% e do volume plasmático em até 11%, prejudicando o desempenho físico (TIRAPEGUI, 2021).

Foi demonstrado que o pré-resfriamento de todo o corpo melhora o desempenho de resistência tanto no calor seco quanto no úmido. Tanto para atletas de resistência quanto de esportes coletivos, o resfriamento do pescoço é uma estratégia melhor de resfriamento do que o resfriamento da cabeça ou do rosto. Não está claro se o resfriamento combinado da cabeça, pescoço e/ou rosto poderia ter um efeito sinérgico no desempenho

esportivo e nos exercícios no calor. O desenvolvimento de sistemas de resfriamento de cabeça, pescoço e rosto potentes, mas portáteis, é fundamental devido à grande necessidade de dissipar a produção de calor metabólico durante atividades esportivas intensas (CAO et al., 2022).

O desempenho foi severamente afetado entre atletas de elite não aclimatados que se exercitavam em um ambiente quente e úmido, conforme evidenciado por um tempo até a exaustão 26 ± 11% menor. Também observa-se maiores aumentos na temperatura central e na temperatura da pele na condição de clima quente versus a condição controle, com respostas agravadas em atletas de resistência. É de suma importância executar testes extensivos em atletas de elite para determinar estratégias de mitigação de calor, ou seja, aclimatação ao calor, intervenções de resfriamento e plano de hidratação (KORTE; BONGERS; HOPMAN, 2021).

Ao se exercitar no calor, o fluxo sanguíneo da pele e a taxa de suor aumentam para permitir a dissipação do calor para o ambiente circundante. Esses ajustes termorregulatórios, entretanto, aumentam o esforço fisiológico e podem levar à desidratação durante exercícios prolongados. O estresse térmico por si só prejudicará o desempenho aeróbico quando ocorre a hipertermia. Além disso, a desidratação durante o exercício no calor agrava a tensão térmica e cardiovascular e prejudica ainda mais o desempenho aeróbico. Os atletas devem treinar durante pelo menos 1 semana e, idealmente, 2 semanas para se aclimatarem usando um grau comparável de estresse térmico como a competição alvo. Devem também ser cautelosos ao realizarem exercício num estado euhidratado e minimizar os défices de água corporal (conforme monitorizados pelas perdas de massa corporal) através de uma reidratação adequada durante o exercício. Eles também podem implementar contramedidas específicas (por exemplo, métodos de resfriamento) para reduzir o armazenamento de calor e o esforço fisiológico durante a competição e o treinamento. É possível diminuir a temperatura central e da pele antes e durante o exercício através da aplicação de roupas frias na pele, bolsas de gelo, toalhas frias e coletes refrescantes, bem como através da imersão em água fria ou ingestão de pasta de gelo (RACINAIS et al., 2015).

Uma série de estratégias de resfriamento médio (resfriamento durante o exercício) são benéficas para o desempenho no calor, incluindo a ingestão de líquidos frios e pasta de gelo, com e sem mentol, bem como o resfriamento da região do pescoço e do rosto por meio de um colar de resfriamento ou água derramada na cabeça e o rosto. Portanto, os atletas devem experimentar uma série de estratégias de resfriamento adequadas para

o seu evento durante cenários simulados e de competição, com o objetivo de determinar seus limites toleráveis individuais e benefícios de desempenho (STEVENS; TAYLOR; DASCOMBE, 2017).

O estresse térmico ambiental aumenta os níveis de tensão fisiológica e prejudica o exercício de resistência. 14 participantes treinados (7 mulheres) completaram 45 minutos de ciclismo em intensidade fixa (70% VO2max) seguido por um contra-relógio de 20 km em cada um dos quatro ambientes: Frio, 18^{o}C; Moderado, 27^{o}C; Quente, 36^{o}C; a 1, 96 kPa, velocidade do ar aproximadamente 4, 5 m/s; e Quente Úmido, 36^{o}C a 3, 92kPa. O ar mais quente e úmido causou aumento na temperatura da pele, maior frequência cardíaca, maior taxa de sudorese e alterações térmicas. O desempenho no contra-relógio foi comparável entre Frio e Moderado, mas 3, 6 a 6% mais lento no Quente. A umidade elevada prejudicou o desempenho no contra-relógio em 3, 4%. As organizações desportivas estão sob maior pressão para implementar medidas de proteção adequadas aos atletas durante as provas em climas quentes (AYLWIN et al., 2023).

A etiologia da fadiga induzida pela hipertermia parece envolver interação complexa entre alterações cardiovasculares, fatores nervosos periféricos (musculares) e centrais. A capacidade limitada do organismo humano para tolerar aumentos excessivos na temperatura interna é um desafio para atletas de resistência durante a actividade física em condições condições climáticas quentes, e o desempenho é ainda mais deteriorado se a umidade do ar for alta, o movimento do ar for baixo ou a radiação solar for elevada. O impacto no desempenho ainda é influenciado pelo estado de aclimatação e o treinamento do indivíduo. Também o modo como o exercício é feito é de grande importância, uma vez que o vento gerado pelos movimentos do indivíduo ou pelo fluxo de ar ambiental sobre a pele também tem uma forte influência (STEVENS; TAYLOR; DASCOMBE, 2016).

Estratégias de tentativa de resfriamento durante o exercício, denominadas *percooling*, demonstraram um efeito positivo no desempenho do exercício, em paridade com o pré-resfriamento (redução da temperatura corporal antes do exercício), embora os estudos sobre *percooling* sejam muito menos abundantes. O pré-resfriamento do punho durante um teste de 10 km no calor resultou em uma velocidade de corrida autosselecionada mais rápida e frequências cardíacas mais altas, embora a sensação térmica ou a percepção de esforço não tenham sido afetadas. O aumento da velocidade de corrida ao longo do tempo com o pré-resfriamento do pulso pode ser praticamente significativo, mas são necessários mais trabalhos para determinar os impactos potenciais do resfriamento do pulso no desempenho, particularmente no campo (DENBY et al., 2020).

Existem muitas opções de resfriamento disponíveis para atletas, como coletes de resfriamento/gelo, refrigeradores de pescoço, bebidas geladas e pastas de gelo. No entanto, essas opções podem ser difíceis de administrar durante o exercício devido a limitações práticas, como excesso de peso, irritação/desconforto na pele e problemas de ingestão. Além disso, algumas dessas opções de resfriamento são inviáveis para uso em eventos como maratonas, ciclismo de longa distância e triatlos devido a regras e regulamentos. Por natureza, as roupas aumentam o isolamento, o que fornece uma barreira à perda de calor por evaporação em ambientes quentes. No entanto, o vestuário desportivo visa mitigar este efeito isolante através de designs respiráveis e leves feitos de materiais sintéticos que visam melhorar o transporte de humidade (ou seja, a absorção do suor) para promover a perda de calor por evaporação, maximizar o conforto do utilizador e, por sua vez, melhorar o desempenho. Até o momento não houveram estudos avaliando roupas esportivas em populações atléticas com o uso de protocolos prolongados (ou seja, acima de 45 min) de intensidades vigorosas (ou seja, acima de 60% do VO2max) em climas quentes e úmidos, para garantir que as condições do teste reflitam as demandas da competição regularmente vivenciadas por atletas de resistência (DOMENICO; HOFFMANN; COLLINS, 2022).

Em estudo recente com 145 corredores de resistência, homens e mulheres experimentaram pelo menos um sintoma gastrointestinal nos treinos durante um período de 30 dias. Um dos sintomas gastrointestinais mais preocupantes que alteram o desempenho é a náusea, que pode ser definida como uma sensação de enjoo no estômago marcada por uma vontade de vomitar. Embora a náusea não seja o sintoma gastrointestinal mais comum na maioria dos esportes, ela é bastante prevalente durante exercícios curtos de alta intensidade e exercícios de ultra-resistência. Além disso a náusea pode prejudicar o desempenho na competição. As causas conhecidas de náuseas e vómitos durante o treino e competição incluem secreção de catecolaminas, hipohidratação, hiponatremia, exposição à altitude, consumo excessivo de líquidos/alimentos, ingestão de bebidas hipertónicas, consumo pré-exercício de alimentos ricos em gordura ou proteínas, jejum prolongado, uso de suplementos (cafeína, bicarbonato de sódio, cetonas), certos medicamentos (antibióticos, opioides), infecções gastrointestinais e ansiedade relacionada à competição. Um estudo descobriu que, entre os não finalistas de corridas de ultra-corrida de 160kms, náuseas/vômitos foram o principal motivo para o abandono. Se a náusea levar ao vômito, também pode contribuir para perdas de líquidos e desequilíbrios eletrolíticos em casos graves. O uso de medicamentos antieméticos podem ser úteis para aliviar náuseas,

especialmente durante exercícios de ultra-resistência (WILSON, 2019).

No exercício, o trato gastrointestinal sofre diversas alterações que resultam no comprometimento da integridade e função gastrointestinal, denominada 'síndrome gastrointestinal induzida pelo exercício (EIGS)'. Em resumo, tais alterações incluem: (1) Uma redistribuição do fluxo sanguíneo para os músculos em atividade e a circulação periférica, o que pode resultar em lesão das células epiteliais intestinais e hiperpermeabilidade, levando à translocação de agentes microbianos patogênicos do lúmen para a circulação e resultando em respostas inflamatórias sistêmicas generalizadas. (2) Um aumento no impulso simpático que suprime a atividade nervosa entérica, o que pode resultar em comprometimento da motilidade gastrointestinal, digestão e/ou absorção de nutrientes. Além disso, foi proposto que certos fatores mecânicos alinhados ao exercício (por exemplo, choques, solavancos e impacto) também podem contribuir para perturbar a integridade e a função do trato gastrointestinal. Evidências mostram com segurança que o estresse térmico é o principal fator extrínseco de exacerbação para EIGS (COSTA; MIKA; MCCUBBIN, 2022).

As diretrizes tradicionais de nutrição para exercícios têm defendido uma alta ingestão de carboidratos antes, durante e pós-exercício em condições ambientais quentes para apoiar o aumento da taxa de utilização de carboidratos e facilitar a ressíntese de glicogênio muscular entre sessões de exercício. 23 triatletas masculinos treinados complaram um teste ergométrico de 30 minutos de VO2max em condições quentes (35°*C*) e temperadas (21°*C*). A potência média foi maior em condições temperadas (231 ± 36 W) versus condições quentes (223 ± 31 W). Frequência cardíaca média foi menor em condições temperadas (162 ± 10 batimentos/min) versus quentes (167 ± 9 batimentos/min). O pico de temperatura central, mudança de temperatura central e classificação de esforço percebido foram maiores em condições quentes versus temperadas (BENNETT et al., 2023).

A diminuição no desempenho esportivo pode ser induzido por alterações fisiológicas, como tensão cardiovascular, depleção de glicogênio, disfunção do sistema nervoso central e desconforto perceptivo. Em comparação com outras áreas do corpo, a região facial tende a ser mais sensível ao resfriamento devido à sua maior densidade de receptores térmicos aferentes sensíveis ao frio e à sua termossensibilidade ao resfriamento. Estudos anteriores relataram que o resfriamento facial (RF) é particularmente eficaz na melhoria do desempenho do exercício de resistência em ambientes quentes, aumentando o tempo de exercício até a fadiga e diminuindo as classificações de esforço percebido (PSE). Nossos

resultados demonstraram que o RF pode atenuar um aumento na PSE durante exercícios de resistência em um ambiente quente. Além disso, intervalos mais curtos e temperaturas mais baixas de RF provocaram maiores efeitos no RPE. Essas descobertas sugerem que o RF intermitente de curta duração durante o exercício pode ajudar a melhorar o estresse psicológico em situações esportivas do mundo real (MIYAZAWA1 et al., 2021).

11 atletas de resistência participaram de um estudo cruzado, duplo-cego, de sequência aleatória, no qual foram submetidos a 2 horas de exercício de resistência a 60% da FCmax com 1.800mg de suplementação de sódio (SS) durante um ensaio e placebo (PL) durante o outro ensaio. Um teste de tempo até a exaustão de intensidade progressiva foi realizado logo após como uma avaliação do desempenho do exercício. A desidratacão, taxa de suor, desvio cardiovascular, estresse térmico, temperatura da pele, classificação de esforço percebido ou tempo até a exaustão não diferiram entre os ensaios. A suplementação com altas doses de sódio não parece afetar a termorregulação, o desvio cardiovascular ou o desempenho físico em atletas de resistência treinados. No entanto, ainda é possível que a ingestão elevada de sódio durante o exercício possa ter outros efeitos adversos, como respostas hipertensivas da pressão arterial. Nesse contexto, acreditamos que as recomendações profissionais para atletas de resistência consumirem altos níveis de sódio, devem ser interpretadas com cautela (EARHART et al., 2015).

Antes de uma competição desportiva, os níveis de ansiedade dos atletas tendem a aumentar. Acredita-se que a ansiedade pré-competição seja influenciada por uma série de fatores estressantes, incluindo viagens, qualidade do sono, confiança e preocupações com o desempenho. Há uma escassez de pesquisas sobre os estados psicológicos dos triatletas antes e depois da competição. A má qualidade do sono está associada a menor autoeficácia e maior tensão entre triatletas amadores. A qualidade do sono é geralmente ruim e a ansiedade pré-competição está associada à redução da autoeficácia. Estas descobertas indicam que triatletas amadores podem estar em risco de síndrome de *overtraining*, mas são necessárias mais pesquisas para confirmação. Técnicos, praticantes e atletas devem estar atentos e considerar intervenções para manter os fatores psicológicos em níveis ideais para cada atleta de acordo com suas necessidades. Exemplos de medidas preventivas incluem a gestão de cargas de treino individuais, monitorização psicológica, garantia de sono, nutrição e hidratação ideais (MCDONALD; LOSTY; MACCARTHY, 2023).

Após uma sessão de exercício de resistência de longa duração, como uma maratona ou um triatlo, não há apenas comprometimento fisiológico e bioquímico, mas também comprometimento imunológico. No geral, vemos aumentos agudos nas respostas de

citocinas sinalizando um comprometimento imunológico com um aumento concomitante no risco de infecções após provas de longa duração. Vemos alterações significativas no estado imunológico/inflamatório tanto sistêmico quanto em cultura celular imediatamente e 12 horas após o término da competição (MOMESSO et al., 2022).

34 triatletas bem treinados completaram uma prova de meio ironman em uma temperatura média seca de $29 \pm 3^{o}C$. Antes e dentro de 1 minuto após o final da corrida foram obtidas amostras de massa corporal, temperatura central, salto máximo de altura e sangue venoso. O tempo médio de corrida foi de 315 ± 40 min. Ao final da competição: a massa corporal mudou em $3,8 \pm 1,6\%$ e a mudança na massa corporal correlacionou-se positivamente com o tempo de corrida; a temperatura central aumentou de $37,5 \pm 0,6^{o}C$ para $38,8 \pm 0,7^{o}C$ e a temperatura central pós-corrida correlacionou-se negativamente com o tempo de corrida; a diminuição da altura do salto correlacionou-se positivamente com o tempo de corrida. Em um triatlo meio ironman no calor, maiores reduções na massa corporal e temperaturas centrais pós-competição mais altas estiveram presentes nos triatletas mais rápidos, apesar dessas variáveis terem sido relacionadas à diminuição do desempenho de resistência em ambientes quentes. Os triatletas mais lentos apresentaram maiores concentrações séricas de marcadores sanguíneos de dano muscular, desempenho muscular prejudicado durante um salto e maiores índices de dor muscular do que os participantes mais rápidos. Isso pode indicar que o dano às fibras musculares é uma das principais causas da redução do desempenho no triatlo. O dano muscular em triatletas pode ser produzido pelos passos contínuos durante a fase da corrida ou devido ao esgotamento dos estoques de carboidratos no músculo da perna. Como as causas do dano muscular induzido pelo exercício podem ser de natureza mecânica ou metabólica, mais informações são necessárias para elucidar a origem do dano muscular no triatlo. Além disso, é necessário esclarecer se o dano muscular reduz o desempenho do triathlon por mecanismos locais (redução da capacidade de contração das fibras musculares) e/ou centrais (redução do impulso neural para os músculos ativos) (COSO et al., 2014).

A manutenção do desempenho no triatlo ou ultramaratona em ambiente quente é um desafio considerável que requer preparação e gerenciamento meticulosos durante a corrida. Atualmente, uma das estratégias mais relevantes a serem empregadas no desempenho no calor é consumir líquidos adequados. Manter a disponibilidade de água ao longo de diferentes percursos da prova é, portanto, crucial devido aos efeitos prejudiciais que a desidratação tem no equilíbrio de fluidos e, consequentemente, na perda de calor através da transpiração. As taxas de suor individuais são altamente dependentes da morfologia

do atleta, da intensidade do exercício e da temperatura e umidade do ambiente. As perdas pelo suor são acompanhadas por perdas de eletrólitos, particularmente de sódio, que podem contribuir para a hiponatremia se não forem compensadas. Para limitar este risco, a ingestão exógena de bebidas enriquecidas com sódio é a estratégia mais eficaz. Além dos compostos tradicionais encontrados na maioria das bebidas esportivas (por exemplo, glicose, magnésio), parece que as bebidas de ultramaratona devem conter cerca de 0, 7 a 1, 2g L-1 de sal quando conduzidas no calor. Contudo, as bebidas enriquecidas com sódio são insuficientes se os atletas bebem em excesso por receio de desidratação durante a corrida, colocando a gestão da ingestão de água como um determinante chave do desempenho. A aclimatação ao calor também é uma estratégia relevante que pode melhorar o desempenho de ultra-resistência e triatlo em ambientes quentes. A maioria dos benefícios da aclimatação ocorre nos primeiros 14 dias de exposição (CHABERT; HERMAND; HUE, 2019)

50 corredores que completaram uma maratona em dois anos consecutivos (2006 e 2007) para investigar o efeito das mudanças de temperatura, independentemente do seu nível, os atletas foram 8% mais lentos durante o ano mais quente (2006) do que durante o ano mais frio (2007), e a taxa de desistência foi 14% mais elevada em 2006. A manutenção do desempenho em provas de longa duração, como triatlo e ultramaratona, realizadas em ambiente quente, é um desafio considerável que requer preparação e gerenciamento meticulosos antes e durante a corrida. Para limitar os decréscimos de desempenho induzidos por estas condições ambientais adversas, diversas contramedidas foram propostas, como a ingestão de água fria ou pasta de gelo, pré-resfriamento externo (antes do exercício), o resfriamento durante e/ou uso de mentol. Atualmente, uma das estratégias mais relevantes é consumir líquidos adequados, manter a disponibilidade de água ao longo de diferentes percursos de corrida é crucial devido aos efeitos prejudiciais da desidratação no equilíbrio de flúidos e a subsequente perda de calor através da transpiração. As perdas pelo suor são acompanhadas por perdas de eletrólitos, principalmente sódio, contribuindo potencialmente para a hiponatremia se não forem compensadas. A ingestão de bebidas enriquecidas com sódio é a estratégia mais eficaz para reduzir este risco. No entanto, as bebidas enriquecidas com sódio permanecem insuficientes se os atletas bebem em excesso por medo de desidratação durante a corrida, colocando a gestão da ingestão de água como um determinante chave do desempenho. A aclimatação ao calor continua a ser uma estratégia relevante que pode melhorar o desempenho de ultra-resistência em ambientes quentes (HERMAND; CHABERT; HUE, 2019).

105 atletas de elite participaram de estudo cruzado onde os participantes realizaram um teste de exercício padronizado em condições de controle, 15, 8 ± 1, 2°C, 55 ± 6% de umidade relativa e condições simuladas de 31, 6 ± 1, 0°C, 74 ± 5% de umidade relativa para determinar a perda de desempenho. A perda média de desempenho foi de 26, 0 ± 10, 7% na condição simulada (temperatura ambiente mais quente) versus condi- ção controle, confirmando assim um impacto na perda de desempenho entre atletas de elite que se exercitavam em condições quentes e úmidas (KROESEN et al., 2022).

O desempenho de resistência submáxima e máxima pode ser prejudicado pela desidratação e hipertermia corporal. O desempenho físico prejudicado está associado a diversas alterações na função fisiológica. É evidente, contudo, que o nível de desidratação, a intensidade do exercício e as condições ambientais externas determinam até que ponto a função fisiológica geral é prejudicada. Quando a intensidade do exercício é aumentada acima de níveis moderados ou quando a duração do exercício é prolongada, o cérebro, o músculo ativo e o fluxo sanguíneo são gradualmente comprometidos. O consumo de oxigênio é um provável precursor da fadiga precoce quando exercícios de intensidade vigorosa e severa são realizados em ambientes quentes, enquanto experimentam desidratação acentuada e hipertermia (TRANGMAR; GONZáLEZ-ALONSO, 2019).

Uma redução das reservas de água corporal (ou seja, hipohidratação) prejudica o desempenho de resistência através de uma combinação de mecanismos, impulsionados principalmente pela hipovolemia. Esta hipovolemia e a hiperosmolalidade resultante precipitam uma cascata de respostas fisiológicas e perceptivas que aparentemente agem em conjunto para reduzir o desempenho de resistência. Essas respostas incluem reduções no fluxo sanguíneo muscular e cerebral, aumento da temperatura corporal, aumento da frequência cardíaca/tensão cardiovascular e aumento da glicogenólise muscular, possivelmente limitando a absorção de oxigênio. A hipohidratação diminui o humor, produzindo um nível de desconforto que pode desviar a atenção da tarefa em questão (a competição). Em estudos cegos recentes de hidratação sugerem que a hipohidratação equivalente a 2 − 3% da massa corporal prejudica o desempenho do ciclismo de resistência no calor, pelo menos quando pouco ou nenhum líquido é ingerido. Para maximizar o desempenho, a abordagem prudente, é evitar o acúmulo substancial de hipohidratação durante o exercício. Normalmente, o líquido ingerido durante o exercício é insuficiente para acompanhar as perdas pelo suor, o que significa que a hipohidratação pode ocorrer durante o exercício prolongado. Dado que o desempenho nas últimas fases da competição nos desportos de resistência é muitas vezes o que separa os atletas, quaisquer efeitos negativos da

desidratação induzida pelo exercício podem ter implicações significativas para o sucesso competitivo (JAMES et al., 2019).

O objetivo principal de se repor os líquidos perdidos durante o exercício é o de manter um estado de hidratação normal. Deve-se consumir líquidos em quantidades adequadas durante o período de 24 horas antes de uma competição e ingerir em torno de 500ml de líquidos nas duas horas antes do exercício. Para minimizar o prejuízo do desempenho durante o exercício, a reposição líquida deve tentar se igualar à perda de líquidos pelo suor. Em uma mesma intensidade de esforço, a necessidade de reposição se torna maior quanto maior for a sudorese em uma temperatura alta. Durante um exercício que dure mais do que uma hora, (a) deve-se adicionar carboidratos à solução de reposição para manter a glicemia e retardar o surgimento da fadiga; e (b) deve-se adicionar eletrólitos (principalmente NaCl) para melhorar a palatabilidade e reduzir a possibilidade de hiponatremia. Durante o exercício, as necessidades de líquidos e carboidratos podem ser satisfeitas simultaneamente através da ingestão de 600 a 1.200ml por hora de soluções contendo uma concentração de 4 a 8% de carboidratos. Durante um exercício que dure mais do que uma hora, deve-se adicionar aproximadamente 0*,* 5 a 0*,* 7 grama de sódio por litro de água, para repor o sódio perdido pela sudorese (MEDICINE, 2007).

A insolação por esforço (IE) é uma condição potencialmente fatal para o atleta de resistência. Os critérios diagnósticos de IE incluem temperatura central acima de $40^{o}C$ e evidência de estado mental alterado indicando disfunção neurológica. Foram analisados os dados dos registros médicos de triatletas no Reino Unido durante seis anos (11 provas triatlos consecutivos). De 68.557 competidores: Doze (2*,* 8%) foram diagnosticados com IE, dando uma incidência de 1*,* 74/10.000; Oito desabaram durante a fase de corrida, com três desabando após a linha de chegada; Uma apresentou parada cardíaca durante a fase de natação, este paciente foi ressuscitado com sucesso com RCP antes do resfriamento com banho de gelo; Quatro receberam alta diretamente do depto médico e o restante foi transferido para o hospital. A IS é um risco significativo em eventos de triatlo. A maioria dos casos ocorre durante ou após a fase de execução e, portanto, recomendamos que os organizadores do evento concentrem recursos médicos e estratégias de prevenção nesta fase (KNIGHT et al., 2017).

19 triatletas masculinos bem treinados e aclimatados ao clima tropical realizaram uma prova de meio Ironman em condições quentes e úmidas ($27,2 \pm 0,5^{o}C$, umidade relativa de $80 \pm 2\%$). Foi comparada a temperatura central (TC) e marcadores do estado de hidratação. Antes e imediatamente após a competição foi medida a massa corporal

e a osmolaridade da urina. Foi registrada a temperatura imediatamente antes da competição (TC1), imediatamente após a fase de natação na tenda de transição enquanto os sujeitos vestiam suas roupas de ciclismo (TC2), na tenda de transição da bicicleta para a corrida enquanto os sujeitos vestiam suas roupas de corrida (TC3) e imediatamente ao final da meia maratona (TC4). A temperatura ambiente e a frequência cardíaca (FC) foram medidas durante toda a prova. Os atletas com maior massa corporal pré-corrida também apresentaram o maior TC2 e o maior delta negativo TC3/TC2. O desempenho não foi negativamente dependente do nível de desidratação e os atletas conseguiram se auto-reidratar adequadamente. A ingestão de líquidos não teve impacto nas variáveis relacionadas a TC. Registrou-se uma média de temperatura central final de $38,8 \pm 0,7^{o}C$ após o evento, e os atletas não apresentaram nenhuma evidência de doença provocada pelo calor em um ambiente quente e úmido (BAILLOT; HUE, 2015).

A aclimatação ao calor de longo prazo (10 a 14 dias) é a estratégia padrão-ouro para proteção contra diminuições de desempenho pelo calor. Os atletas têm uma variedade de intervenções de pré-resfriamento, durante (meio) e pós-resfriamento a considerar para o dia da competição, que são complementares, e podem incluir várias combinações de: (i) intervenções de resfriamento corporal internas (ingestão de pasta de gelo, ingestão de água fria, etc.) e externas (qualquer fluido, meio ou ar frio em que o corpo esteja imerso ou exposto), (ii) intervenções para proporcionar sensações de resfriamento local (por exemplo, enxaguatório bucal com mentol) que poderiam ser interpretadas favoravelmente pelos centros cerebrais, e (iii) procedimentos de aquecimento pré-competição e/ou alterações no ritmo, táticas e/ou estratégia (TAYLOR; CARTER; STELLINGWERFF, 2020).

5 CONCLUSÃO

A partir dessa revisão sistemática podemos destacar os seguintes tópicos como importantes para o atleta levar em consideração, quanto ao seu desempenho, antes e durante um evento ou competição de triatlo de longa duração em um ambiente de clima quente e úmido: (1) a aclimatação ao calor, preferencialmente de longo prazo (10 a 14 dias), no local da prova, nos dias que antecedem a data da competição; (2) a importância de resfriar a temperatura corporal durante a competição; (3) a hidratacão adequada antes e durante a competição; (4) a reposição adequada dos flúidos (incluindo sódio e carboidratos) durante a competição.

Os organizadores de eventos devem planejar sempre que possível a utilização de grandes áreas sombreadas, instalações para refrigeração e reidratação durante o percurso da prova, e programar eventos buscando minimizar os riscos para a saúde dos atletas, bem como dispor de equipes médicas preparadas para atender a uma possível alta demanda de intervenções para reduzir a insolação por esforço, especialmente em eventos de participação em massa e em dias quentes do ano.

Percebe-se uma necessidade de novos estudos publicados sobre o triatlo e maneiras eficazes de reduzir a temperatura corporal de fácil aplicação durante uma competição, para assim auxiliar os atletas e treinadores em estratégias que possam ajudar na manipulação da hidratação e das temperaturas corporais para minimizar a perda do desempenho em locais de clima quente, e explorar quaisquer possíveis associações com o aparecimento de fadiga durante exercícios de resistência submáximos e máximos. Esperançosamente, trabalhos futuros nesta área continuarão a investigar de forma mais robusta a perda no desempenho de resistência para permitir melhores inferências.

REFERÊNCIAS

AYLWIN, P. et al. Thermoregulatory responses during road races in hot-humid conditions at the 2019 athletics world championships. **Journal of Applied Physiology**, v. 134, n. 5, p. 1300–1311, May 2023. Disponível em: <https: //doi.org/10.1152/japplphysiol.00348.2022>. Acesso em 06 Dezembro 2023.

BAILLOT, M.; HUE, O. Hydration and thermoregulation during a half-ironman performed in tropical climate. **Journal Of Sports Science and Medicine**, v. 14, n. 2, p. 263–268, Jan 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/ 281704940_Hydration_and_Thermoregulation_during_a_Half-Ironman_Performed_in_ Tropical_Climate>. Acesso em 12 Dezembro 2023.

BENNETT, S. et al. Acute heat stress amplifies exercise-induced metabolomic perturbations and reveals variation in circulating amino acids in endurance-trained males. **Experimental Physiology**, v. 108, n. 0, p. 207–220, Jan 2023. Disponível em: <http://doi.org/10.1113/EP090911>. Acesso em 06 Dezembro 2023.

BRASIL, C. O. do. **Triatlo**. Comitê Olímpico do Brasil, 2024. Disponível em: <https://www.cob.org.br/pt/cob/time-brasil/esportes/triatlo/>. Acesso em 21 Jan 2024.

CAO, Y. et al. Head, face and neck cooling as per-cooling (cooling during exercise) modalities to improve exercise performance in the heat: A narrative review and practical applications. **Sports Medicine**, v. 8, n. 16, Jan 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00411-4>. Acesso em 06 Dezembro 2023.

CHABERT, C.; HERMAND, E.; HUE, O. Triathlon and ultra-endurance events in tropical environments. **Heat Stress in Sport and Exercise**, p. 283–296, Mar 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-93515-7_15>. Acesso em 13 Dezembro 2023.

COSO, J. D. et al. Relationship between physiological parameters and performance during a half-ironman triathlon in the heat. **Journal of Sports Sciences**, v. 0, n. 0, p. 1–8, Apr 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2014.915425>. Acesso em 12 Dezembro 2023.

COSTA, R. J.; MIKA, A. S.; MCCUBBIN, A. J. The impact of exercise modality on exercise-induced gastrointestinal syndrome and associated gastrointestinal symptoms. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 25, n. 10, p. 788–793, Oct 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2022.07.003>. Acesso em 06 Dezembro 2023.

DENBY, K. et al. The impact of wrist percooling on physiological and perceptual responses during a running time trial performance in the heat. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 20, Oct 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph17207559>. Acesso em 05 Dezembro 2023.

DOMENICO, I. D.; HOFFMANN, S. M.; COLLINS, P. K. The role of sports clothing in thermoregulation, comfort, and performance during exercise in the heat: A narrative review. **Sports Medicine**, v. 8, n. 58, Apr 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00449-4>. Acesso em 20 Dezembro 2023.

DONATELLO, G. **Tudo sobre triathlon**. Ticket Sports HUB, 2022. Disponível em: <https://hub.ticketsports.com.br/material-gratuito-tudo-sobre-triathlon/>. Acesso em 19 Jan 2024.

EARHART, E. L. et al. Effects of oral sodium supplementation on indices of thermoregulation in trained, endurance athletes. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 14, p. 172–178, 2015. Disponível em: <http://www.jssm.org>. Acesso em 06 Dezembro 2023.

ESPORTE, G. **Etapa do Ironman em Florianópolis terá participantes de 27 países**. GE, 2023. Disponível em: <https://ge.globo.com/sc/noticia/2023/03/06/etapa-do-ironman-em-florianopolis-tera-participantes-de-27-paises.ghtml>. Acesso em 25 Jan 2024.

GUY, J. H. et al. Adaptation to hot environmental conditions: An exploration of the performance basis, procedures and future directions to optimise opportunities for elite athletes. **Sports Medicine**, v. 45, n. 2, p. 303–311, Jan 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0277-4>. Acesso em 19 Dezembro 2023.

HERMAND, E.; CHABERT, C.; HUE, O. Ultra-endurance events in tropical environments and countermeasures to optimize performances and health. **International Journal of Hyperthermia**, v. 36, n. 1, p. 752–759, Jun 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02656736.2019.1635718>. Acesso em 06 Dezembro 2023.

JAMES, L. J. et al. Does hypohydration really impair endurance performance? methodological considerations for interpreting hydration research. **Sports Medicine**, v. 49, p. 103–114, Nov 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01188-5>. Acesso em 05 Dezembro 2023.

JENKINS, E. J. et al. Delineating the impacts of air temperature and humidity for endurance exercise. **Experimental Physiology**, v. 108, n. 2, p. 207–220, Feb 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1113/EP090969>. Acesso em 06 Dezembro 2023.

KISSLING, L. S.; AKERMAN, A. P.; COTTER, J. D. Heat-induced hypervolemia: Does the mode of acclimation matter and what are the implications for performance at tokyo 2020? **Temperature**, v. 7, n. 2, p. 129–148, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/23328940.2019.1653736>. Acesso em 05 Dezembro 2023.

KNIGHT, N. et al. The incidence of exertional heat stroke during mass-participation triathlon races: Optimising athlete safety. **British Journal of Sports Medicine**, v. 51, n. 4, p. 344–345, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097372.155>. Acesso em 13 Dezembro 2023.

KORTE, J.; BONGERS, C.; HOPMAN, M. Exercise performance and thermoregulatory responses of elite athletes exercising in the heat: Outcomes of the thermo tokyo study. **Sports Medicine**, v. 51, p. 2423–2436, Ago 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01530-w>. Acesso em 19 Dezembro 2023.

KROESEN, S. H. et al. Impact of thermal sensation on exercise performance in the heat: a thermo tokyo sub-study. **European Journal of Applied Physiology**, v. 122, p. 437–446, Feb 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04845-8>. Acesso em 19 Dezembro 2023.

LOPES, C.; SANTOS, S. **Treinamento de força e periodização para modalidades de resistência**. 1ª. ed. Brasil: Editora Manole Saúde, 2023.

MCDONALD, C.; LOSTY, C.; MACCARTHY, R. An investigation of the psychological status of amateur athletes before and after a triathlon competition. **European Journal of Sport Sciences**, v. 2, n. 3, p. 14–20, May 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.24018/ejsport.2023.2.3.83>. Acesso em 12 Dezembro 2023.

MEDICINE, T. A. C. of S. Exercise and fluid replacement. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 39, n. 2, p. 377–390, Feb 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31802ca597>. Acesso em 19 Dezembro 2023.

MELLO, D. et al. Acute physiological responses during a brazilian endurance triathlon race. **Motricidade**, v. 16, n. 4, p. 411–419, Dec 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.6063/motricidade.20701>. Acesso em 12 Dezembro 2023.

MIYAZAWA1, T. et al. Intermittent face cooling reduces perceived exertion during exercise in a hot environment. **Journal of Physiological Anthropology**, v. 40, n. 12, Sep 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40101-021-00262-0>. Acesso em 19 Dezembro 2023.

MOMESSO, S. C. M. et al. Metabolic and immune/inflammatory alterations induced by a triathlon under extreme conditions. **Frontiers in Sports and Active Living**, v. 4, Aug 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.915343>. Acesso em 12 Dezembro 2023.

POWERS, S.; HOWLEY, E. **Fisiologia do exercício: Teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. 9ª. ed. Brasil: Editora Manole Saúde, 2017.

RACINAIS, S. et al. Consensus recommendations on training and competing in the heat. **Sports Medicine**, v. 45, p. 925–938, May 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0343-6>. Acesso em 20 Dezembro 2023.

SINGH, G. et al. Core body temperature responses during competitive sporting events: a narrative review. **Biology of Sport**, v. 40, n. 4, p. 1003–1017, Mar 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.5114/biolsport.2023.124842>. Acesso em 05 Dezembro 2023.

STEVENS, C.; TAYLOR, L.; DASCOMBE, B. Prolonged self-paced exercise in the heat – environmental factors affecting performance. **Temperature**, v. 3, n. 4, p. 539–548, Jul 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/23328940.2016.1216257>. Acesso em 05 Dezembro 2023.

STEVENS, C.; TAYLOR, L.; DASCOMBE, B. Cooling during exercise: An overlooked strategy for enhancing endurance performance in the heat. **Sports Medicine**, v. 47, p. 829–841, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0625-7>. Acesso em 20 Dezembro 2023.

TAYLOR, L.; CARTER, S.; STELLINGWERFF, T. Cooling at tokyo 2020: the why and how for endurance and team sport athletes. **British Journal of Sports Medicine**, v. 54, n. 21, p. 1243–1245, Aug 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102638>. Acesso em 13 Dezembro 2023.

TIRAPEGUI, J. **Nutrição, Metabolismo e Suplementação na Atividade Física**. 3ª. ed. Brasil: Editora Atheneu, 2021.

TRANGMAR, S. J.; GONZáLEZ-ALONSO, J. Heat, hydration and the human brain, heart and skeletal muscles. **Sports Medicine**, v. 49, p. 69–85, Jan 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40279-018-1033-y>. Acesso em 05 Dezembro 2023.

TRIATHLON, C. B. de. **Triathlon**. Confederação Brasileira de Triathlon, 2018. Disponível em: <https://cbtri.org.br/triathlon/>. Acesso em 21 Jan 2024.

WILSON, P. B. 'i think i'm gonna hurl': A narrative review of the causes of nausea and vomiting in sport. **Sports**, v. 7, n. 7, July 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/sports7070162>. Acesso em 05 Dezembro 2023.