



UNIVERSIDADE D  
**COIMBRA**

Andreia Sofia Dimas Mendes

**RESPOSTA DOS INDICADORES FISIOLÓGICOS E  
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA AO ESFORÇO NO PROCESSO  
DE ACLIMATAÇÃO  
LISBOA VS TÓQUIO**

**VOLUME 1**

**Dissertação no âmbito do Mestrado em Biocinética orientada pelo Professor Doutor Amândio Manuel Cúcido dos Santos e Professora Doutora Beatriz Branquinho Gomes e apresentada Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra.**

Maio de 2020



FCDEF FACULDADE DE CIÊNCIAS DO  
DESPORTO E EDUCAÇÃO FÍSICA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

**Resposta dos Indicadores Fisiológicos e Eficiência  
Energética ao Esforço no Processo  
de Aclimação**

**Lisboa vs Tóquio**

Dissertação de Mestrado em Biocinética,  
apresentado à Faculdade de Ciências do  
Desporto e Educação Física da  
Universidade de Coimbra

Orientador: Professor Doutor Amândio  
Manuel Cúcido dos Santos

Professora Doutora Beatriz  
Branquinho Gomes

Andreia Sofia Dimas Mendes

## **AGRADECIMENTOS**

À Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra e à Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial (ADAI) por proporcionarem a realização da presente dissertação.

Ao orientador, o Professor Doutor Amândio Manuel Cúcido dos Santos pela orientação prestada, pelo seu incentivo, disponibilidade e apoio que sempre demonstrou. Aqui lhe exprimo a minha gratidão.

À coorientadora Professora Doutora Beatriz Branquinho Gomes pela disponibilidade prestada, apoio na elaboração e empenho e sentido prático.

Aos meus pais por todo o esforço e dedicação que prestaram na minha educação e formação e por estarem sempre presentes e a incentivar a minha busca pelo conhecimento.

Ao meu irmão, por ser a minha pessoa favorita e por todo o carinho.

Aos meus avós, Olinda e Carlos Dimas, por todo o apoio, tempo despendido, carinho, amizade, companhia e dedicação.

Ao meu namorado por toda a paciência, apoio e constante incentivo e por nunca deixar de estar ao meu lado, obrigada.

## RESUMO

O atletismo é a modalidade desportiva mais antiga de que há relatos na história, sendo de prática maioritariamente ao ar livre é influenciado pelas condições ambientais, que podem ser favoráveis ou adversas, influenciando a sua performance. Assim, é importante compreender em que medida as condições climáticas adversas influenciam a performance e que metodologias nos ajudam a atenuar essas influências.

O objetivo deste estudo contou com a verificação do impacto causado pelas condições climáticas adversas de um clima como o de Tóquio (34°C/55% HR) e em que medida o protocolo de aclimação desenvolvido ajuda a atenuar o impacto negativo na performance avaliada previamente à implementação do mesmo.

No estudo participaram 8 sujeitos, com uma média de idades de 37,5±11,2 anos, todos atletas federados na modalidade de atletismo e que competem em provas do calendário regional e nacional de fundo. Numa primeira fase foi avaliada a composição corporal dos atletas, seguindo-se a realização do Teste 1 - VO<sub>2</sub>máx. nas duas condições climáticas estudadas – Lisboa (21°C/55% HR) e Tóquio (34°C/55% HR), como forma de entender as diferenças nas variáveis frequência cardíaca, concentração de lactato sanguíneo, pressão arterial, consumo de oxigénio, temperatura corporal interna, volume plasmático, eficiência energética e frequência e distância de ciclo de passada, entre os diferentes climas simulados. Na terceira fase foi implementado um protocolo de aclimação, com sessões realizadas em dias alternados e com uma duração progressiva (40 a 100 minutos), durante duas semanas (6 sessões), com o clima simulado de Tóquio (34°C/55% HR). Na quarta e última fase foram repetidos os testes de VO<sub>2</sub>máx. (Teste 2) com o objetivo de verificar as diferenças entre os climas simulados e em que medida é que os valores verificados no clima adverso foram minimizados.

Existem diferenças estatisticamente significativas entre os testes de VO<sub>2</sub>máx. por patamares nas diferentes condições climáticas simuladas de Lisboa (21°C/55% HR) e Tóquio (34°C/55% HR), na primeira fase do estudo – pré-aclimação. Deste modo, as variáveis fisiológicas como a frequência cardíaca, as concentrações de lactato sanguíneo, a perceção de esforço, a temperatura corporal interna, a percentagem de desidratação, a variação de volume plasmático e o consumo de oxigénio e ventilação aumentam os seus valores médios, para uma mesma intensidade de esforço, o que levou a diminuições na performance, como verificado através das velocidades médias alcançadas às concentrações de 2 e 4 mmol/L. Durante a implementação do protocolo de aclimação foi observada uma descida dos valores médios da frequência cardíaca com o número de sessões, verificando-se diferenças estatisticamente significativas nos valores médios obtidos na primeira e na última sessão. Na fase de pós-aclimação os valores médios das

variáveis fisiológicas frequência cardíaca, concentrações de lactato sanguíneo, percepção de esforço, temperatura corporal interna, percentagem de desidratação, variação de volume plasmático e consumo de oxigênio e ventilação observaram uma tendência de descida, mostrando assim uma adaptação ao protocolo de aclimatação implementado. Ainda, as variáveis biomecânicas frequência de passada apresentaram uma tendência de aumento dos seus valores médios e uma consequente tendência de diminuição dos seus valores médios de distância de ciclo de passada para a mesma fase de estudo.

**Palavras-chave:** atletismo, aclimatação, protocolos de aclimatação, temperatura, humidade relativa

## ABSTRACT

As far as we know track and field is the oldest sport in history, with its practice mainly in the outdoor field and consequently, influenced by environmental conditions that directly determine the athlete's performance. Therefore, it's important to understand how adverse climatic conditions may influence the performance and develop strategies to minimize that influences.

The goal of the study is to verify the impact of Tokyo (34°C/55% HR) adverse climatic conditions and understand how acclimation protocol helps in minimizing the negative impact in performance.

Had participated in the study eight subjects with an average age of  $37,50 \pm 11,21$  years and all federated in track and field sport, and with competitions on regional and national level. The study was developed in four phases, being the first the measurement of athlete's bodies dimensions. The second phase was the Test 1 -  $VO_2$ max. by steps, in two different simulated climatic conditions – Lisbon (21°C/55% HR) and Tokyo (34°C/55% HR), as a way to understand the differences between this two conditions in heart rate, blood lactate, blood pressure, oxygen consumption, body internal temperature, plasmatic volume, energetic efficiency and pace frequency and cycle distance. Thirdly, was developed and implemented an acclimation protocol with intermittent-day sessions, with progressive duration (40 to 100 minutes), for two weeks (6 sessions), with the Tokyo (34°C/55% HR) simulated clime. Lastly, in the fourth phase the  $VO_2$ max. by steps test (test 2) was repeated in order to verify the differences between the two simulated climatic situations and verify how variables changed their values.

There are statistically significant differences between  $VO_2$ max tests. by steps in different simulated climatic conditions of Lisbon (21°C / 55% HR) and Tokyo (34°C / 55% HR), in the first study phase – pre-acclimation. Physiological variables such as heart rate, blood lactate concentrations, perceived exertion, body temperature, dehydration percentage, plasmatic volume and oxygen and ventilation consumption increased their average values, for the same intensity of effort, which led to decreases in performance, as seen through the average speeds achieved at concentrations of 2 and 4 mmol/L. During the acclimation protocol implementation, a decrease in the HR mean values were observed with the number of sessions, with statistically significant differences in the mean values obtained in the first and last session. In the post-acclimation phase, the mean values of the physiological variables as heart rate, blood lactate concentrations, perceived exertion, body temperature, dehydration percentage, plasmatic volume and oxygen and ventilation consumption had a downward trend, showing an adaptation to the implemented acclimation protocol. Still, the biomechanical stride frequency showed a tendency to increase their

average values and a consequent tendency to decrease their average stride cycle distance values for the same study phase.

**Keywords:** track and field, acclimation, acclimation protocols, temperature, relative humidity

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
Aclimatação.....	5
1. Variáveis influenciadoras da performance.....	6
1.1. Condições de humidade e temperatura .....	7
1.2. WBGT.....	8
2. Variáveis fisiológicas .....	9
2.1. Frequência cardíaca.....	9
2.2. Concentrações de lactato sanguíneo.....	10
2.3. Pressão arterial .....	11
2.3.1. Pressão arterial pós-esforço .....	11
2.4. Temperatura corporal .....	12
2.4.1. Equilíbrio térmico .....	13
2.4.2. Termorregulação no calor .....	13
2.4.3. Fatores que modificam a tolerância ao calor .....	14
2.5. Consumo de oxigénio .....	15
2.5.1. Dispendio energético e custo/eficiência energética .....	15
2.6. Hidratação .....	16
2.6.1. Estado de hidratação .....	17
2.6.1.1. Fatores que influenciam o estado de hidratação .....	18
2.6.1.2. Desidratação .....	18
2.6.1.3. Níveis de hidratação e controlo de fluídos .....	19
a. Perda de massa corporal .....	20
b. Análise da urina .....	21
i. Cor da urina.....	21
ii. Osmolaridade da urina .....	22
iii. Densidade da urina .....	22
c. Avaliações analíticas.....	23
i. Hemoglobina plasmática .....	23
ii. Hematócrito .....	23

iii. Volume plasmático .....	24
2.6.2. Hidratação, pressão arterial e volume plasmático .....	24
2.6.3. Hidratação e temperatura corporal .....	25
3. Variáveis biomecânicas .....	25
4. Consumo de oxigénio, variáveis fisiológicas e aclimação .....	26
5. Relação entre as variáveis fisiológicas e as condições de humidade e temperatura .....	26
<b>CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA .....</b>	<b>28</b>
1. Caracterização e seleção da amostra .....	29
1.1. Fases do estudo .....	29
1.2. Protocolos laboratoriais .....	30
1.2.1. Organização do laboratório .....	30
1.2.2. Teste de VO <sub>2</sub> máx. por patamares em condições controladas de humidade e temperatura – Situação Pré-ACL e Pós-ACL .....	31
1.2.3. Protocolo de aclimação .....	32
1.3. Avaliação antropométrica .....	33
1.3.1. Massa corporal .....	33
1.3.2. Estatura .....	33
1.4. Avaliação da composição corporal .....	34
1.4.1. Medição das pregas adiposas .....	34
1.4.2. Pletismografia .....	35
1.5. Frequência cardíaca .....	35
1.6. Lactato sanguíneo .....	35
1.6.1. Recolha e determinação das concentrações de lactato .....	35
1.7. Obtenção do VO <sub>2</sub> , VE e QR .....	36
1.8. Temperatura corporal interna .....	37
1.9. Pressão arterial .....	38
1.10. Nível de hidratação .....	38
1.10.1. Osmolaridade e densidade da urina .....	38
1.10.2. Avaliação da cor da urina .....	39
1.10.3. Volume plasmático .....	39
1.10.3.1. Hematócrito .....	39
1.10.3.2. Hemoglobina .....	40

1.10.4.	Perda de massa corporal .....	40
1.11.	Variáveis biomecânicas da passada – análise da passada.....	41
1.11.1.	Ciclos de passada.....	41
1.11.2.	Distância de ciclo de passada .....	41
1.12.	Dispêndio energético e custo energético .....	41
1.13.	Rated perceived exertion (RPE) – Borg.....	42
1.14.	WBGT.....	42
1.15.	Análise estatística.....	43
<b>CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>		<b>44</b>
	Caracterização dos atletas .....	45
1.	Diferenças entre testes com diferentes condições de temperatura e humidade – Lisboa vs Tóquio – Pré-ACL.....	46
1.1.	Comparação das variáveis fisiológicas em duas condições de temperatura e humidade – Lisboa (21°C/55% HR) e Tóquio (34°C/55% HR) .....	46
2.	Protocolo de aclimação – Adaptações observadas .....	53
3.	Diferenças entre testes numa mesma condição de temperatura e humidade – momento Pré e Pós Aclimação .....	55
3.1.	Comparação das variáveis fisiológicas na mesma condição de temperatura e humidade em momentos distintos – Tóquio (34°C/55% HR) – Pré-ACL e Pós-ACL.....	55
<b>CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES .....</b>		<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>66</b>
<b>APÊNDICES E ANEXOS .....</b>		<b>LXXIV</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 2 - 1</b> Variáveis influenciadoras da performance .....	7
<b>Tabela 2 - 2</b> Risco de exposição com base nos valores de WBGT.....	9
<b>Tabela 2 - 3</b> Critérios de caracterização da desidratação .....	19
<b>Tabela 2 - 4</b> Valores de referência da osmolaridade na urina.....	22
<b>Tabela 2 - 5</b> Valores de referência da densidade da urina.....	23
<b>Tabela 2 - 6</b> Valores de referência da hemoglobina por género .....	23
<b>Tabela 2 - 7</b> Valores de referência para o hematócrito por género .....	23
<b>Tabela 4 - 1</b> Variáveis consideradas para a caracterização dos atletas.....	45
<b>Tabela 4 - 2</b> Condições médias de realização dos testes de VO <sub>2</sub> máx. na fase de pré-aclimação nas condições climáticas de Lisboa (21°C/55% HR) e Tóquio (34°C/55% HR) .....	46
<b>Tabela 4 - 3</b> Valores médios de [LA] e RPE nos testes de VO <sub>2</sub> máx. por patamares que simulam as condições de Lisboa (21°/55% HR) e Tóquio (34°C/55% HR) numa fase de pré-aclimação .....	47
<b>Tabela 4 - 4</b> Valores médios das variáveis de hidratação e de temperatura corporal interna nos testes de VO <sub>2</sub> máx. por patamares que simulam as condições de Lisboa (21°/55% HR) e Tóquio (34°C/55% HR) numa fase de pré-aclimação.....	48
<b>Tabela 4 - 5</b> Valores médios das variáveis de VO <sub>2</sub> , VE e QR nos testes de VO <sub>2</sub> máx. por patamares que simulam as condições de Lisboa (21°/55% HR) e Tóquio (34°C/55% HR) numa fase de pré-aclimação.....	50
<b>Tabela 4 - 6</b> Valores médios das velocidades de corrida para as concentrações de 2 e 4 mmol/L nos testes de VO <sub>2</sub> máx. por patamares que simulam as condições de Lisboa (21°/55% HR) e Tóquio (34°C/55% HR) numa fase de pré-aclimação .....	51
<b>Tabela 4 - 7</b> Valores médios da frequência e distância de ciclo de passada nos testes de VO <sub>2</sub> máx. por patamares que simulam as condições de Lisboa (21°/55% HR) e Tóquio (34°C/55% HR) numa fase de pré-aclimação.....	52
<b>Tabela 4 - 8</b> Valores médios de WBGT e VO <sub>2</sub> máx. (60%).....	53
<b>Tabela 4 - 9</b> Valores estatisticamente significativos para os valores de FC entre sessões de aclimação.....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
<b>Tabela 4 - 10</b> Condições médias de realização dos testes de VO <sub>2</sub> máx. por patamares nas condições de Tóquio (34°C/55% HR) nas fases de pré e pós-aclimação.....	55
<b>Tabela 4 - 11</b> Valores médios de [LA] e RPE nos testes de VO <sub>2</sub> máx. por patamares que simulam as condições de Tóquio (34°C/55% HR) nas fases de pré e pós-aclimação ...	56

<b>Tabela 4 - 12</b> Valores médios da pressão arterial sistólica (PAS) nos testes de VO <sub>2</sub> máx por patamares que simulam as condições de Tóquio (34°C/55% HR) nas fases de pré e pós-aclimação .....	57
<b>Tabela 4 - 13</b> Valores médios das variáveis de hidratação e temperatura corporal interna nos testes de VO <sub>2</sub> máx. por patamares que simulam as condições de Tóquio (34°C/55% HR) nas fases de pré e pós-aclimação .....	58
<b>Tabela 4 - 14</b> Valores médios das variáveis de VO <sub>2</sub> , VE e QR nos testes de VO <sub>2</sub> máx por patamares que simulam as condições de Tóquio (34°C/55% HR) nas fases de pré e pós-aclimação .....	59
<b>Tabela 4 - 15</b> Valores médios das velocidades para as concentrações de 2 e 4 mmol/L, nos testes de VO <sub>2</sub> máx por patamares que simulam as condições de Tóquio (34°C/55% HR) nas fases de pré e pós-aclimação.....	60
<b>Tabela 4 - 16</b> Tempos a realizar na maratona com base na concentração de lactato sanguíneo 4 mmol/L, nos testes de VO <sub>2</sub> máx por patamares que simulam as condições de Tóquio (34°C/55% HR) nas fases de pré e pós-aclimação.....	61
<b>Tabela 4 - 17</b> Valores médios da frequência e distância de ciclo de passada nos testes de VO <sub>2</sub> máx por patamares que simulam as condições de Tóquio (34°C/55% HR) nas fases de pré e pós-aclimação.....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 3 - 1</b> Fases do estudo: Avaliações, Teste 1 - VO <sub>2</sub> máx por patamares, Aclimação e Teste 2 – VO <sub>2</sub> máx por patamares.....	29
<b>Figura 3 - 2</b> Ventilador Equation – SFDC3 – 600CT0.....	31
<b>Figura 3 - 3</b> Adipómetro Dr. Lange, utilizado na medição das pregas adiposas .....	34
<b>Figura 3 - 4</b> Banda Polar H10 utilizada na medição da frequência cardíaca.....	35
<b>Figura 3 - 5</b> Instrumentos para a determinação do lactato sanguíneo .....	36
<b>Figura 3 - 6</b> Analisador de gases MetaMax modelo CORTEX.....	37
<b>Figura 3 - 7</b> Termómetro digital Checktemp® - Hanna Instruments utilizado na medição da temperatura da urina.....	37
<b>Figura 3 - 8</b> Refratómetro OPTI Duo Refractometer da Bellingham + Stanley e Osmómetro Osmocheck, Pocket VITECH SCIENTIFIC Ltd.....	38
<b>Figura 3 - 9</b> Escala de cor da urina (exemplar).....	39
<b>Figura 3 - 10</b> Centrifugadora de microhematócrito Hawksley England .....	40
<b>Figura 3 - 11</b> Exemplar de organização da variável 'ciclo de passada/segundo' .....	41
<b>Figura 3 - 12</b> Escala reduzida de Borg .....	42
<b>Figura 3 - 13</b> Medidor de stress de calor WBGT .....	43

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 2 - 1</b> Distribuição dos fluídos corporais Betts et al. ....	17
<b>Gráfico 4 - 1</b> Valores médios de FC nos testes de VO <sub>2</sub> máx. por patamares que simulam as condições de Lisboa (21º/55% HR) e Tóquio (34ºC/55% HR) numa fase de pré-aclimação .....	46
<b>Gráfico 4 - 2</b> Valores médios de $\Delta$ Volume plasmático ( $\Delta$ VP) nos testes de VO <sub>2</sub> máx. por patamares que simulam as condições de Lisboa (21º/55% HR) e Tóquio (34ºC/55% HR) numa fase de pré-aclimação.....	48
<b>Gráfico 4 - 3</b> Valores médios de contribuição aeróbia e anaeróbia, em percentagem, nos testes de VO <sub>2</sub> máx. por patamares que simulam as condições de Lisboa (21º/55% HR) e Tóquio (34ºC/55% HR) numa fase de pré-aclimação.....	50
<b>Gráfico 4 - 4</b> Valores médios do custo energético (J/kg/m) nos testes de VO <sub>2</sub> máx. por patamares que simulam as condições de Lisboa (21º/55% HR) e Tóquio (34ºC/55% HR) numa fase de pré-aclimação.....	51
<b>Gráfico 4 - 5</b> Comportamento da FC ao longo das sessões de aclimação .....	53
<b>Gráfico 4 - 6</b> Valores médios de FC nos testes de VO <sub>2</sub> máx. por patamares que simulam as condições de Tóquio (34ºC/55% HR) nas fases de pré e pós-aclimação .....	56
<b>Gráfico 4 - 7</b> Valores médios de $\Delta$ Volume plasmático ( $\Delta$ VP) nos testes de VO <sub>2</sub> máx. por patamares que simulam as condições de Tóquio (34ºC/55% HR) nas fases de pré e pós-aclimação .....	57
<b>Gráfico 4 - 8</b> Valores médios de contribuição aeróbia e anaeróbia, em percentagem, nos testes de VO <sub>2</sub> máx. por patamares que simulam as condições de Tóquio (34ºC/55% HR) nas fases de pré e pós-aclimação.....	59
<b>Gráfico 4 - 9</b> Valores médios do custo energético (J/kg/m) nos testes de VO <sub>2</sub> máx. por patamares que simulam as condições de Tóquio (34ºC/55% HR) nas fases de pré e pós-aclimação .....	60

## LISTA DE ABREVIATURAS

- ACL - Aclimação
- ECC - Estádio Cidade de Coimbra
- FC - Frequência Cardíaca
- FCDEF - Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física
- Hb – Hemoglobina
- Hc – Hematócrito
- HR – Humidade relativa
- [LA] - Concentração de Lactato Sanguíneo
- LAI - Laboratório de Aerodinâmica Industrial
- MG - Massa Gorda
- PA - Pressão Arterial
- Pré-ACL – Pré implementação do protocolo de aclimação
- Pós-ACL – Pós implementação do protocolo de aclimação
- QR - Quociente Respiratório
- RPE - *Rated Perceived Exertion*
- Tci - Temperatura corporal interna
- TG – Globo Negro
- Ucor – Escala de cor da urina
- VE – Ventilação
- VO<sub>2</sub> - Consumo de oxigénio
- VP -Volume Plasmático
- WBGT - Wet-bulb Globe Temperature
- % C. Ae – Percentagem de contribuição aeróbia
- % C. Ana – Percentagem de contribuição anaeróbia
- % DES – percentagem de desidratação

## **CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO**

O atletismo foi o primeiro desporto a ser praticado de forma organizada, tornando-se assim a modalidade competitiva mais antiga de que há relatos na história.<sup>1</sup> A modalidade tem a sua época desportiva dividida em duas partes, sendo elas a época de inverno/*indoor* e a época ao ar livre/*outdoor*. Assim, a grande maioria da época, salvo em raras exceções, os treinos são realizados essencialmente ao ar livre, ainda que as competições sejam realizadas em espaços interiores. Os treinos são sempre sujeitos às condições climáticas presentes, podendo ser realizados com maior ou menor qualidade. O facto de realizar um treino, ou até mesmo uma semana de treinos, sob condições climáticas atípicas ao sujeito pode destruir todo um planeamento cuidadosamente desenvolvido, pois aumenta o esforço necessário para a realização do treino, impedindo-o por vezes de recuperar ou até mesmo de se adaptar. A necessidade de controlo do maior número possível de variáveis conduz a um maior rigor na administração da carga de treino, que leva a uma maior adaptação e, conseqüentemente, a um maior rendimento desportivo e performance. É importante o controlo da quantidade de líquidos perdida e a ingestão de uma quantidade idêntica dos mesmos, o que evita a desidratação,<sup>2</sup> uma vez que perdas superiores a 1% do peso corporal do indivíduo leva a uma diminuição da sua capacidade física e, conseqüentemente, da sua performance.<sup>2</sup>

O exercício físico regular de intensidade moderada é habitualmente benéfico para o organismo humano,<sup>3</sup> no entanto, em certas condições, o exercício pode ser considerado uma fonte de *stress* para algumas estruturas orgânicas,<sup>4</sup> estando dependente da condição física do sujeito,<sup>5</sup> da intensidade<sup>6</sup> e da duração do exercício.<sup>6</sup>

Tomando como exemplo os Jogos Olímpicos do Rio de Janeiro (2016) e os Campeonatos do Mundo de Atletismo em Doha (2020), e tendo em vista os Jogos Olímpicos de Tóquio (2021), o trabalho desenvolvido incide essencialmente na avaliação do comportamento das variáveis fisiológicas em situações de esforço, como a frequência cardíaca (FC), as concentrações de lactato sanguíneo ([LA]), a temperatura corporal interna (Tci), as perdas de volume plasmático (VP) e variáveis como a eficiência e o custo energético, a percepção subjetiva de esforço (RPE) e as variáveis biomecânicas da passada como a frequência e a distância de ciclo, em condições de humidade e temperatura diferentes das habituais para os atletas. A aclimação é caracterizada como um protocolo que desenvolve adaptações fisiológicas ao clima pretendido, tornando o esforço físico a realizar, menor, quando comparado com indivíduos não aclimatados.<sup>7</sup> Deste modo, veio auxiliar no estudo pois, com a sua implementação, desenvolve adaptações nas variáveis acima referidas, tornando os atletas mais tolerantes às condições climáticas exigentes de Tóquio (34°C/55% HR).<sup>8</sup> Deste modo, poderá ser ajustado o rendimento dos atletas, bem como o seu comportamento perante as condições adversas, alertando para possíveis

ajustes das suas intensidades de esforço e permitindo tirar o máximo de partido da sua capacidade na competição.

Os protocolos de aclimação convencionais pressupõem a presença diária dos atletas na câmara térmica para realizarem as sessões, que poderão ter a duração aconselhada de 100 minutos e atingir um número entre 7 a 10 dias consecutivos.<sup>7; 9;</sup> No estudo apresentado foi desenvolvido um protocolo de aclimação visando a realidade de um atleta no que diz respeito ao seu deslocamento diário à câmara térmica (durante semanas) e ao seu calendário de treinos. Assim, foi desenvolvido um protocolo com sessões em dias alternados, com duração progressiva e intensidade de 60% VO<sub>2</sub>máx, permitindo ao atleta manter os seus treinos às condições climáticas típicas de Portugal e com o objetivo de observar se as adaptações ocorrem ao mesmo nível que os protocolos *standard*.

## **CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA**

O ser humano tem a capacidade de se adaptar a temperaturas diferentes das consideradas ótimas para si, conseguindo tolerar temperaturas 10°C abaixo e 5°C acima das mesmas. Ocorrendo uma interação permanente entre todos os sistemas do corpo, podendo o mesmo sobreviver a ambientes considerados potencialmente perigosos e nas mais variadas partes do mundo.<sup>10</sup> Apesar dessa capacidade, o ser humano desenvolveu outros métodos de adaptação aos quais os indivíduos não precisam de estar expostos às condições climáticas de forma direta.

## **ACLIMATAÇÃO**

As fontes de stress são a causa da constante adaptação que ocorre no organismo, uma vez que quebram o equilíbrio existente, havendo necessidade de desenvolver respostas adaptativas a esse ambiente externo ou até mesmo de desenvolver adaptações, que acabam por minimizar a tensão existente entre sistemas. Os sistemas presentes de forma mais significativa neste processo de resposta ao *stress* imposto são o sistema endócrino, sistema nervoso e sistema imunológico.<sup>11</sup> As adaptações possuem ajustes diferentes, no que respeita ao contexto temporal, sendo que às adaptações de curto prazo ou instantâneas é dado o nome de acomodações e que tendem a aparecer e desaparecer de acordo com o estímulo e o esforço que é imposto ao organismo; às adaptações de médio prazo é dado o termo de aclimatização ou aclimatação, estando associadas às respostas fisiológicas adaptativas ou a mudanças comportamentais que o organismo desenvolve, diferindo apenas no local do estímulo, onde a primeira se associa a estímulos de ambientes naturais e a segunda a estímulos de ambientes artificiais, onde ocorrem alterações das condições ambientais num ambiente controlado.<sup>11; 12</sup>

O exercício de endurance realizado em ambientes quentes e húmidos limita a performance do indivíduo, aumentando os seus valores de temperatura corporal de forma significativa, reduzindo os seus níveis de motivação para a realização do esforço e, conseqüentemente, a sua performance,<sup>13</sup> quando comparado com as condições climáticas típicas para o sujeito. Assim, variáveis como o consumo de oxigénio e o metabolismo aeróbio aumentam nessas condições.<sup>7</sup> Ocorrem alterações ao nível biomecânico e nas variáveis fisiológicas como a frequência cardíaca (FC), na pressão arterial (PA), na temperatura corporal (T<sub>ci</sub>), nas concentrações de lactato sanguíneo ([LA]), no volume plasmático (VP) e no dispêndio e custo energético.<sup>7; 9; 11-13</sup>

O processo de aclimatação vem auxiliar as variáveis acima referidas, diminuindo o impacto negativo e a agressão que as temperaturas climáticas atípicas ao sujeito desenvolvem no seu organismo, sendo um processo fundamental para os que competem ao mais alto nível, pois coloca os atletas ao seu melhor nível e minimiza a

probabilidade de lesões induzidas pelo calor, tolerando melhor o ambiente onde realizam a sua performance.<sup>9; 13</sup>

Quando corretamente implementado, o protocolo de aclimação desenvolve respostas nas variáveis fisiológicas FC e da Tci, ocorrendo a diminuição dos seus valores, pois ocorre uma adaptação do sistema termorregulatório.<sup>14</sup> Assim, com a diminuição destas variáveis outras irão conseqüentemente descer, resultando num esforço menor, quando comparada com uma mesma intensidade de esforço em sujeitos não aclimatados.<sup>7; 9</sup>

As adaptações que ocorrem ao nível fisiológico estão dependentes de variáveis como o nível de condição física do sujeito, a sua massa corporal e quantidade de massa gorda, da sua área corporal e da sua capacidade cardiorrespiratória, podendo os resultados ser obtidos num curto ou maior espaço de tempo.<sup>12</sup>

Estudos confirmam que o processo ocorre de forma mais consistente quando ocorre a exercitação – hipertermia controlada<sup>14</sup> - do desporto/disciplina de competição, do que um processo de aclimação com um protocolo de repouso – modelo isothermal,<sup>14</sup> que desenvolve resultados, contudo menos significativos.<sup>9</sup>

Aliadas ao processo existem três opções de implementação, associadas a condições temporais, sendo elas protocolos com duração abaixo dos 7 dias, entre 7 e 14 dias e acima dos 14 dias, com sessões de pelo menos uma hora por sessão, sob as condições climáticas desejadas.<sup>7; 9</sup> Vários artigos fazem referência aos 100 min de treino entre 7 a 10 dias consecutivos<sup>11-14; 16; 17; 19</sup> como o protocolo a adotar, contudo, verificam-se adaptações significativas em 75% das variáveis fisiológicas ao fim de 4-6 dias.<sup>9; 11;</sup> Como qualquer outro processo que altere as condições de repouso do corpo humano, o processo de aclimação apenas ‘permanece’ com as adaptações desenvolvidas enquanto o sujeito treinar no ambiente referido, sendo que ocorrem perdas (das adaptações desenvolvidas para as condições ambientais) ao fim de 2 semanas de treino noutras condições.<sup>7; 9; 17</sup>

Sawka et al.<sup>7</sup>, sugeriu que para a análise dos resultados obtidos através do protocolo de aclimação aplicado que se utilizassem quatro marcadores fisiológicos de controlo, sendo eles a diminuição da FC, a diminuição da Tci, o aumento da taxa de sudação e a melhoria da performance nas condições climáticas quentes e húmidas.

## **1. VARIÁVEIS INFLUENCIADORAS DA PERFORMANCE**

Na investigação científica, quanto maior for o número de variáveis controladas nos sujeitos da amostra, melhor será entendida a influência das diferentes variáveis e qual o peso que cada uma delas assume na questão a investigar. Existe assim uma importância do controlo da rotina das atividades diárias, na alimentação e no descanso,

uma vez que são variáveis que influenciam diretamente a performance.<sup>20: 21</sup> As condições do terreno onde são realizados os testes também possuem a sua parcela de importância, uma vez que se o atleta não estiver habituado a determinadas circunstâncias como o piso e as suas irregularidades, poderá não desempenhar a sua melhor performance.

Em baixo, é apresentado um esquema simplificado de grande parte das variáveis, internas e externas ao indivíduo, a ter em consideração aquando a realização de uma planificação de treino.

<b>Indivíduo</b>	<b>Terreno/laboratório</b>
Alimentação - Níveis de cafeína - Tempo da última refeição	Hora do dia
Aquecimento inadequado	Humidade
Estado de espírito	Local da realização
Estado emocional	Níveis de ruído <sup>21</sup>
Hidratação	Qualidade/estado do equipamento
Horas de sono <sup>20</sup>	Radiação
Medicamentos	Rigor nas medições
Níveis de conhecimento	Temperatura
Público presente	

Tabela 2 - 1 Variáveis influenciadoras da performance (adaptado de McArdle et al.10)

### **1.1. CONDIÇÕES DE HUMIDADE E TEMPERATURA**

O stress provocado pelo exercício é influenciado pelas condições ambientais a que o indivíduo está exposto no momento do esforço,<sup>22</sup> existindo um sistema termorregulador que regula e adapta a temperatura do organismo de acordo com a intensidade do esforço, sendo bastante eficiente sob condições ambientais usuais para o atleta, possuindo respostas menos imediatas e efetivas quando o indivíduo é submetido a um esforço intenso sob condições ambientais com as quais não está adaptado. Os praticantes de atividade física deverão considerar sempre as condições nas quais realizam as suas performances desportivas, uma vez que as mesmas podem ser influenciadas por condições externas (Ex: climáticas) como a temperatura, a humidade, o sol e o vento.<sup>2</sup> Deste modo, as condições atmosféricas têm influência direta nos níveis de esforço e desempenho do atleta,<sup>23</sup> assim como nas agressões causadas no seu organismo. Uma temperatura de treino ou competição mais elevada que o habitual, para o atleta, provoca um *stress* mais acentuado no corpo do indivíduo, em

especial em esforços de caráter aeróbio, uma vez que as reservas de glicogénio são utilizadas em maior quantidade, quando comparado com condições normais de treino e competição.<sup>24</sup>

Ambientes de clima quente favorecem o desenvolvimento de doenças agudas na composição corporal, tais como a desidratação, uma vez que com o tempo de esforço o organismo tenta controlar a sua homeostase térmica elevando a sua sudorese.<sup>25</sup>

De acordo com Armstrong,<sup>11</sup> a temperatura média dos indivíduos ronda os 37°C, estando o organismo em constante tentativa de equilíbrio para essa mesma temperatura.

## 1.2. WBGT

*Wet Bulb Globe Temperature*, mais conhecido como WBGT é um sistema de medição índice de *stress* térmico ambiental.<sup>26</sup> Reúne variáveis como a temperatura ambiente, a humidade relativa e da radiação, ocorrendo o cálculo através das seguintes equações:<sup>27</sup>

$$\text{(exterior) WBGT} = 0,7 \times \text{WB} + 0,2 \times \text{TG} + 0,1 \times \text{Ta}$$

$$\text{(interior) WBGT} = 0,7 \times \text{WB} + 0,3 \times \text{TG}$$

WB – temperatura do bolbo húmido calculado através da humidade e temperatura

TG – temperatura do globo

Ta – temperatura ambiente

A temperatura do Globo Negro (TG) monitoriza os dados do ambiente externo ao globo e calcula o índice de *stress* térmico existente nesse ambiente, existindo a fórmula para ambientes interiores e exteriores como acima apresentado.

A predição do índice de *stress* é de utilização relevante uma vez que o indicador apresenta a intensidade do risco de estar exposto às condições climáticas, sendo que valores padrão considerados de risco são utilizados como forma de prevenção, evitando que os sujeitos sejam expostos a condições de risco de lesões provocadas pelo calor e que sofram reduções no seu desempenho físico.<sup>26</sup> Possui uma pequena percentagem de erro associada, aquando a sua utilização, contudo a mesma é aconselhada aquando a prática desportiva em situações climáticas quentes como forma de prevenção dos sujeitos. Os valores de referência abaixo (Tabela 2-2) apresentados foram definidos pela National Collegiate Athletic Association:<sup>27</sup>

Valores WBGT	Risco de exposição
< 18°C	Baixo
18°C – 23°C	Moderado
23°C- 28°C	Alto
> 28°C	Extremo/ Perigoso

Tabela 2 - 2 Risco de exposição com base nos valores de WBGT<sup>27</sup>

Segundo os autores Kashimura, Minami e Hoshi,<sup>28</sup> o índice de stress provocado pelo calor na região de Tóquio, previsto para o ano de 2020 será de 28,00°C±1,0 para o dia 4 de agosto (dia de realização da Maratona – prova masculina).

## 2. VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS

O stress induzido pelo calor desenvolve um aumento da temperatura central durante a atividade física, estando o seu aumento dependente da intensidade do esforço. Deste modo, um ambiente bem regulado da temperatura cria um ambiente mais favorável par as funções fisiológicas e metabólicas. A elevação dos valores de variáveis como a FC, a PA, as [LA], a Tci entre outras, resultam no desencadeamento de mecanismos como a utilização de diferentes reservas metabólicas como forma de suportar o esforço que está a ser realizado, ocorrendo um aumento dos mecanismos de libertação de calor corporal.

### 2.1. FREQUÊNCIA CARDÍACA

A frequência cardíaca (FC) é tida como a quantidade de vezes que o coração bate por minuto, medida pelo número de batimentos por minuto (bpm). Esta variável depende de indivíduo para indivíduo, do seu grau de *stress* e/ou atividade física, do seu nível de atividade física e até mesmo da idade.<sup>29</sup>

A prática de qualquer tipo de exercício físico pressupõe sempre o aumento dos valores basais do indivíduo. Deste modo, o aumento da atividade/exercício traduz-se num aumento da FC do sujeito, que é regulada de acordo com a intensidade do seu esforço.<sup>30</sup> É através da FC que uma série de mecanismos de resposta ao esforço se desencadeiam, contudo, com o treino aeróbio a FC tende a ser regulada e os seus valores basais tendem a diminuir,<sup>31</sup> isto é, a FC do sujeito em repouso tende a ser mais baixa do que quando o mesmo não treinava. Passa então a existir uma relação mais económica entre o consumo de oxigénio, a FC e os mecanismos de resposta ao esforço

provocado pelo exercício, como a produção de lactato e o aumento da transpiração no corpo do indivíduo.<sup>10</sup>

A FC é utilizada como método de prescrição e controlo de treino, em adultos e atletas, uma vez que a sua variação está linearmente relacionada com o aumento do consumo de oxigénio e, conseqüentemente, com o aumento da intensidade,<sup>29; 30</sup> até uma determinada intensidade. Contudo, assim que o atleta ultrapassa os seus valores do limiar anaeróbio, ou seja, no momento em que o seu corpo começa a produzir mais lactato do que aquele que consegue remover, os valores da FC não podem ser associados à intensidade do esforço que o atleta está a realizar.<sup>30</sup>

## 2.2. CONCENTRAÇÕES DE LACTATO SANGUÍNEO

As concentrações de lactato sanguíneo [LA] são tidas como indicador de esforço que resulta da degradação da glicose (glicólise), após a produção de energia na ausência de oxigénio, deste modo, conjugado com as restantes variáveis desenvolve uma maior acidez sanguínea durante o esforço, diminuindo o seu pH.<sup>10</sup> Como valores de referência basais o indivíduo possui por norma concentrações de 1 mmol/L,<sup>25</sup> que tendem a aumentar conforme a intensidade do esforço realizado, sendo a sua produção de extrema importância para o metabolismo da glicose, associando-se a alterações no metabolismo glicolítico.<sup>25</sup> Está diretamente relacionado com a diminuição nos níveis de energia corporal e com o conseqüente aumento da fadiga muscular,<sup>25</sup> tornando-se uma limitação na performance de exercícios máximos de endurance.<sup>32</sup> Com o aumento da intensidade de esforço a sua produção tende a aumentar<sup>33-35</sup> conhecido o momento em que o lactato deixa de ter o equilíbrio de remoção vs produção (*steady-state*) e passa a ser produzido de forma exponencial.<sup>32</sup> Por *steady-state* entende-se o estado alcançado no consumo de O<sub>2</sub>, para uma intensidade, não ocorrendo produção de maiores quantidades de lactato do que aquelas capazes de serem removidas.<sup>32</sup>

Este indicador é a uma das respostas fisiológicas do organismo ao esforço, pelo que impede, num determinado momento, que o corpo prolongue o seu esforço intenso, evitando prejudicá-lo.<sup>10</sup> É de notar que para que ocorra a remoção do lactato muscular e sanguíneo o indivíduo, após o esforço máximo, não deverá fazer uma paragem repentina, pelo que deverá continuar o seu exercício, porém a uma intensidade mais baixa, o que permite a remoção de grande parte do lactato acumulado com o esforço máximo.<sup>35</sup>

### **2.3. PRESSÃO ARTERIAL**

Por pressão arterial (PA) é entendida a força exercida pelo sangue dentro dos vasos sanguíneos, com a força que provém dos batimentos cardíacos e possui como unidade de medida a mmHg.<sup>10</sup> Deste modo, quanto mais sangue for bombeado por minuto maiores serão os valores sistólicos ou máximos. O valor da pressão sistólica está associado à força do bombeamento do coração, sendo que o valor da pressão diastólica está associado à pressão nos vasos sanguíneos periféricos (braços, pernas, abdômen, entre outros). É de notar que os valores associados à pressão sanguínea podem ser bastante variáveis dependendo do ambiente a que o sujeito está exposto, do próprio indivíduo, se o mesmo está *stressado* ou nervoso, em repouso ou atividade física, etc. Os valores de referência da pressão arterial são de 120mmHg/80mmHg. Com a idade os valores de pressão arterial vão-se alterando, ficando tendencialmente mais elevados,<sup>36</sup> uma vez que os vasos sanguíneos dos indivíduos ficam cada vez mais obstruídos, existindo uma necessidade de aumentar a força dos batimentos cardíacos para regular a circulação sanguínea. Este fenómeno tem o nome de hipertensão arterial e afeta milhões de pessoas no mundo, aumentando significativamente o risco de desenvolverem eventos e/ou doenças cardiovasculares.<sup>37</sup>

Na prática de exercício, tendo como causa o esforço e a intensidade do mesmo, os valores tendem a aumentar. Durante a realização de exercício físico a pressão arterial sistólica (PAS) e a FC tendem a elevar os seus valores de forma proporcional e significativa,<sup>38</sup> sendo que a pressão arterial diastólica (PAD) tende a manter os seus valores de repouso ou a diminuir ligeiramente,<sup>39</sup> uma vez que ocorrem mecanismos de vasodilatação que diminuem a resistência ao fluxo sanguíneo. O aumento mais significativo da PAS ocorre no momento do aquecimento e é regulado após o mesmo, voltando apenas a aumentar os seus valores quando ocorre um aumento na intensidade do esforço.<sup>40</sup> É de notar que após uma pausa os valores de PAS tendem a descer drasticamente como forma de adaptar o corpo à redução da intensidade que ocorreu.

#### **2.3.1. PRESSÃO ARTERIAL PÓS-ESFORÇO**

Segundo Pascatello et al.<sup>41</sup> após a prática de exercício ocorre um fenómeno denominado hipotensão arterial, que se caracteriza como a baixa dos valores de pressão arterial, quando comparado com os valores iniciais/pré-esforço da mesma; este fenómeno ocorre com qualquer tipo de indivíduo, seja ele normotenso ou com patologias associadas, quando o mesmo é submetido a esforço físico moderado a intenso, como por exemplo após caminhadas, corridas ou natação, ou seja em exercícios denominados como aeróbios.<sup>42</sup>

## 2.4. TEMPERATURA CORPORAL

A habilidade de regulação da temperatura corporal é considerada a chave da sobrevivência do ser humano, sendo que quando ocorre uma diferença de +/- 3,5°C da temperatura de referência (36,5°C e 37,2°C<sup>43</sup>) é bastante provável que se desenvolvam danos ao nível de células do citoesqueleto e que algumas funções do SNS possam ser prejudicadas.<sup>44</sup> Existem, no corpo humano, mecanismos de proteção termo-sensíveis que se adaptam às condições, que se caracterizam como mecanismos de equilíbrio onde é produzido, absorvido ou libertado calor. Deste modo, quando um indivíduo pratica algum tipo de esforço a uma intensidade máxima pode atingir uma temperatura corporal até aos 42°C, sendo bastante importante a ponderação desta variável (temperatura exterior) aquando a prescrição de um exercício.<sup>44</sup>

Existem uma série de fatores que justificam o aumento da temperatura corporal podendo ter como causa o aumento do rácio metabólico, as condições ambientais, a intensidade e/ou duração do exercício ou até mesmo através aquecimento provocado pelas roupas do indivíduo.<sup>2</sup> Aquando da prática de exercício físico ou até mesmo em tarefas diárias, devem ser sempre consideradas as condições às quais os indivíduos se vão sujeitar e quais as precauções que devem ser tomadas. Quando o aumento da temperatura corporal ocorre, a mesma começa por ser transportada para as zonas periféricas do corpo e aí é libertada pela pele para o ambiente, contudo começa a haver um acumular da temperatura no corpo quando a produção de calor se torna mais rápida do que os seus mecanismos de remoção.

Foram estudados uma série de locais para a medição da temperatura corporal, sendo que os mais utilizados para o efeito são na zona axilar, verificada sob o braço usando um termómetro de mercúrio ou digital, a zona oral, mensurada pela boca e utilizando um termómetro clássico de vidro e mercúrio, ou com termómetros mais modernos, digitais com sensor eletrónico, a cavidade retal, cuja medição é feita através da introdução retal com um termómetro de mercúrio ou digital e com tendência para um aumento de 0,6°C acima dos valores da temperatura oral medida, e por fim a temperatura central que pode ser obtida através do conduto auditivo, utilizando-se um termómetro com sensor infravermelho.<sup>43; 45;</sup> Inversamente aos valores dos métodos de medição acima referido, a temperatura cutânea possui variações na sua temperatura de acordo com o meio ambiente, sendo importante o controlo dessa medição quando estudados os mecanismos de libertação ou absorção de calor. A temperatura interna do corpo nu tem a capacidade de se manter quase constante quando exposto a temperaturas entre 13°C e 70°C em ambientes secos.<sup>43</sup>

Devem ser tidos em conta os valores de temperatura corporal de referência máximos (>42 °C) e mínimos (<35 °C), onde podem ocorrer danos a nível celular e de

funções dos órgãos, e inflamações sistêmicas e múltipla falência de órgãos, respectivamente.<sup>44</sup>

*«Muscular contractions produce metabolic heat that is transferred from the active muscles to blood and then the body core. Subsequent body core temperature elevations elicit physiologic adjustments that facilitate heat transfer from within the body core to the skin where it can be dissipated to the environment.»<sup>2</sup>*

#### **2.4.1. EQUILÍBRIO TÉRMICO**

Na rotina diária dos indivíduos, os mesmos são sujeitos a uma série de ganhos e perdas de calor, causadas por diversos fatores, sendo os mecanismos de remoção de calor mais conhecidos a condução, a radiação, a convecção e a evaporação, pela água da pele e pelas vias respiratórias.<sup>44</sup>

A perda de calor por radiação ocorre quando o corpo emite ondas eletromagnéticas e realiza uma troca de energia térmica radiante através do ar, para os objetos sólidos mais frios do meio ambiente. A convecção é caracterizada como um mecanismo de remoção de calor onde ocorrem trocas de calor entre o corpo e os fluídos que o envolvem, podendo ser grande, dependendo da velocidade do ar em volta do corpo. A condução ocorre com a transferência de calor entre o corpo e os objetos através do contacto direto, sendo dependente do nível de condutibilidade dos objetos. Por fim, a evaporação caracteriza-se como o principal meio de defesa contra o superaquecimento. Quanto maior for a temperatura exterior, menor será a participação dos três mecanismos de remoção de calor anteriormente referidos. Assim, este mecanismo de libertação de calor depende da humidade do ar, pois relaciona-se com a quantidade de vapor que o ar pode receber, ou seja, quanto mais seco for o ar, mais facilitado será esse processo; caso o ar seja húmido o processo de evaporação será dificultado, dando lugar à transpiração.<sup>44</sup>

Associados aos ganhos de calor estão ocorrências como o aumento da taxa metabólica, aumento da atividade muscular, atividade hormonal, efeitos térmicos dos alimentos e condições ambientais.<sup>46</sup>

A temperatura corporal do ser humano é regulada pelo hipotálamo, assim o principal objetivo deste centro é a manutenção da temperatura de 37°C, estando em constante funcionamento com esse fim.<sup>10; 43; 44;</sup>

#### **2.4.2. TERMORREGULAÇÃO NO CALOR**

O corpo humano funciona como um todo, assim atua de forma constante para se proteger de todas as agressões.<sup>10</sup> Numa condição ambiental quente a dissipação do

calor é crucial durante o esforço físico, uma vez que com o esforço desencadeiam-se mecanismos que tentam manter o fluxo sanguíneo muscular e ao mesmo tempo termorregular o organismo, ou seja, o fluxo sanguíneo é requisitado para as duas funções mais importantes durante o esforço, ocorrendo assim um “conflito de interesses”.<sup>47</sup>

Durante a prática desportiva em ambientes quentes a utilização das reservas líquidas do corpo como forma de se termorregular leva muitas vezes à hipohidratação, uma vez que com o aumento da transpiração e com a não reposição dos líquidos ocorre a diminuição volume plasmático e, conseqüentemente, a diminuição do fluxo sanguíneo, podendo causar insuficiência circulatória em casos mais extremos, aumentando os valores de temperatura corporal.<sup>10</sup>

### **2.4.3. FATORES QUE MODIFICAM A TOLERÂNCIA AO CALOR**

A tolerância ao calor é um dos mais desejados feitos quando se trata de desportos competitivos, uma vez que quanto mais resistência/capacidade de adaptação ao calor os sujeitos tiverem, melhor será a sua performance perante um ambiente de esforço quente.<sup>12; 14;</sup> Deste modo, existem uma série de fatores que facilitam a tolerância ao calor, sendo o primeiro deles a aclimatação (referidas as vantagens no início do capítulo), de seguida o estado de treino, que está associado à intensidade de treino – acima de 50% do  $VO_2$ máx. Outro fator de tolerância é a idade, sendo que quanto mais idade menor será a resposta adaptativa e maior será a FC para um mesmo esforço, quando comparado com indivíduos jovens; este problema põe-se uma vez que ocorre uma modificação na sensibilidade dos termorreceptores e uma produção limitada, em número, de glândulas sudoríparas,<sup>10</sup> ocorrendo por conseguinte uma produção limitada de suor causada pela desidratação. O quarto fator que influencia a tolerância ao calor é o género dos sujeitos, havendo consenso científico no qual ambos os sexos possuem a mesma capacidade de termorregulação quando expostos à mesma intensidade de esforço de acordo com os seus valores de  $VO_2$ máx.<sup>12</sup> O nível de gordura corporal é o último fator de modificação da tolerância ao calor, uma vez que a gordura corporal em excesso é uma enorme desvantagem para a prática de exercício, pois a gordura “aumenta o isolamento conferido pela superfície corporal e retarda a condução do calor para a periferia”.<sup>10</sup>

## **2.5. CONSUMO DE OXIGÊNIO**

O consumo de oxigênio é um comportamento fisiológico presente a cada instante da vida diária do sujeito, pelo que a quantidade de oxigênio que o mesmo consome, assim como a intensidade desse consumo, dependem do nível de preparação física do sujeito e da intensidade do seu esforço momentâneo. É de notar que quanto mais intenso o esforço do indivíduo, mais oxigênio o mesmo consome, aumentando a exigência dos sistemas cardiorrespiratório e musculares, que possuem como base de funcionamento o oxigênio transportado no fluxo sanguíneo.<sup>48</sup> É possível desenvolver um controle exato deste indicador utilizando um espirômetro e um analisador de gases, que fornece informação acerca da quantidade de gases que estão a ser expirados e inspirados, com base nos dados da calibração, aferidos antes de cada teste. É possível utilizar os valores de consumo de oxigênio para determinar os valores de energia despendida durante a realização de um esforço, sendo essencial para o cálculo da economia do movimento, quando aliada com uma velocidade constante de esforço, que é definida como a capacidade de manter um baixo consumo de oxigênio relativo a uma determinada intensidade de trabalho/esforço.<sup>10</sup> Com estes dados e quando conjugado com uma avaliação biomecânica da técnica do sujeito em esforço é possível entender quais os momentos em que o mesmo tem maiores necessidades de consumo de O<sub>2</sub> e desenvolver estratégias que reduzam esse mesmo consumo, como por exemplo melhorar um movimento-chave da técnica de corrida que está menos desenvolvido. É regra que, quanto maior for a eficiência do trabalho desenvolvido pelo sujeito,<sup>49</sup> menor será o seu consumo de oxigênio para uma mesma intensidade de exercício, sendo a esse nível de excelência que todos os atletas desejam chegar.

### **2.5.1. DISPÊNDIO ENERGÉTICO E CUSTO/EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

Estimado a partir do consumo de oxigênio, o dispêndio ou gasto energético pode ser separado em três componentes, sendo elas o dispêndio energético basal ou metabolismo basal, que se assume como o dispêndio energético necessário para a realização das funções basais do sujeito, não estando associados esforços moderados ou intensos.<sup>49;50</sup> O dispêndio energético bruto, que é entendido como o dispêndio energético calculado pelo metabolismo basal somado com o dispêndio energético do esforço realizado.<sup>49-51</sup> O dispêndio energético efetivo que corresponde à quantidade de energia metabólica apenas do esforço, que é calculado através da subtração do gasto energético total, ou bruto, pelo metabolismo basal ou de repouso.<sup>10;50;51</sup> Com o cálculo do dispêndio energético efetivo para cada patamar de esforço, através das variáveis consumo de oxigênio e concentrações de lactato sanguíneo, é possível estimar-se o

valores de dispêndio energético para cada patamar e os valores de contribuição aeróbia e anaeróbia (em porcentagem) para um dado esforço, sendo que quanto mais intenso for o esforço maior será a porcentagem de contribuição anaeróbia.<sup>50;51</sup> Por custo energético entende-se a quantidade de energia metabólica despendida para percorrer uma determinada distância.

A eficiência energética caracteriza-se como a energia necessária, obtida através da medição do consumo de oxigênio, das concentrações de lactato sanguíneo e do trabalho mecânico para manter uma velocidade constante de movimento,<sup>10;50-52</sup> assim atletas mais econômicos consomem menores quantidades de oxigênio e obtêm menores concentrações de lactatos sanguíneo, quando comparados com atletas com pouca economia de corrida,<sup>50-52</sup> para uma mesma intensidade de esforço. É caracterizado como um conceito complexo uma vez que se obtém através da soma características metabólicas, neuromusculares, cardiorrespiratórias e biomecânicas, durante o exercício submáximo. Sendo a maioria destes fatores capazes de se adaptar e melhorar os seus valores, contudo é importante referir que não existe nenhuma característica unânime de economia, uma vez que o que é econômico para um indivíduo pode não ser para outro.<sup>52</sup>

## **2.6. HIDRATAÇÃO**

A água é a substância mais abundante no corpo humano, quando tida na quantidade considerada saudável, sendo de extrema importância para a vida diária e sobrevivência de qualquer indivíduo.<sup>53</sup>

A presença da água em todos os sistemas do organismo humano torna-se essencial para a realização de qualquer reação do organismo, estando presente em funções como a digestão, absorção, transporte e utilização de nutrientes, na eliminação de toxinas e de produtos residuais, na produção de energia, na lubrificação de articulações e no equilíbrio da temperatura corporal.<sup>53</sup>

O organismo humano possui entre 40-70% de água na sua constituição, estando esta variação dependente da idade, do gênero e da composição corporal de cada sujeito. A composição corporal é a variável que mais influencia a quantidade de água corporal presente no organismo humano, sendo que quanto maior a quantidade de massa isenta de gordura um indivíduo possuir, maior será a sua porcentagem de água corporal, quando comparado com indivíduos com grandes quantidades de massa gorda.<sup>10</sup>

A distribuição de água no organismo é dividida em dois compartimentos possíveis, sendo eles o espaço intracelular – onde o líquido se encontra dentro das células, e o espaço extracelular – onde o líquido se encontra entre as células.<sup>10; 54;</sup> O líquido intracelular é o principal constituinte do citoplasma, que

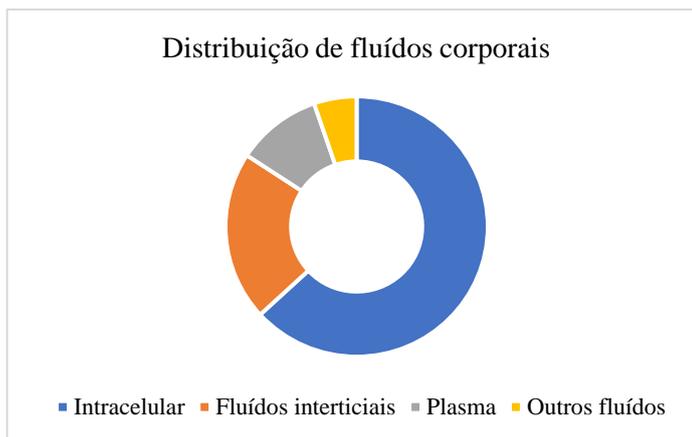


Gráfico 2 - 1 Distribuição dos fluídos corporais Betts et al.<sup>54</sup>

ocupa cerca de 60% da água total do organismo. É de notar que o valor acima apresentado é um valor muito pouco variável, uma vez que a quantidade de água nas células é bastante bem regulada. O líquido extracelular ocupa os restantes 40% da água total do organismo, sendo que cerca de 20% desse líquido extracelular constitui o plasma. Os restantes 20% encontram-se distribuídos entre o líquido cefalorraquidiano, a linfa, o líquido sinovial das articulações, o líquido pleural, o líquido pericárdico, o líquido peritoneal e o humor aquoso do olho – gráfico 2-1.<sup>54</sup>

A quantidade diária de água recomendada é variável de acordo com o nível de esforço exercido pelo sujeito nas suas atividades diárias, assim como pelo grau de desidratação que essas tarefas impõem. Assim sendo, para um indivíduo considerado sedentário, o qual apenas realiza as suas tarefas diárias sem esforço acentuado é recomendada a ingestão de 2,5 litros de água por dia; Para um indivíduo cujo esforço físico envolva uma grande durabilidade e, conseqüentemente, uma grande desidratação é recomendada a ingestão entre 5-10 litros de água por dia, possuindo como influencia o clima no qual o esforço é realizado.<sup>10; 54;</sup>

A realização das atividades diárias levam a perdas de fluídos do organismo, pelo sistema urinário, pelo sistema respiratório, pelo sistema gastrointestinal e através da pele - pelo suor. Muitas das vezes, quando a rotina diária não exige muito esforço e conseqüente desidratação, ocorre uma compensação/ganho de água através do consumo de alimentos, do consumo de bebidas e da produção metabólica.<sup>10</sup>

### 2.6.1. ESTADO DE HIDRATAÇÃO

A hidratação e o seu controlo são de extrema importância para a realização das tarefas e esforços diários de um indivíduo, sendo ainda de maior importância em atletas de alto rendimento e cujas performances são diretamente influenciadas pelo estado de hidratação.

É importante conhecer e dominar algumas definições relativas ao estudo da hidratação dos indivíduos. Por hidratação é tido o equilíbrio de água, ou seja, a constante entrada e perda de fluídos, o que permite que haja um equilíbrio. À situação em que ocorre carência de água no organismo dá-se o nome de hipohidratação, sendo a situação oposta, excesso de água no organismo, denominada por hiperhidratação. Em ambas as situações ocorre um balanço, sendo ele negativo ou positivo, respetivamente. Ao processo de perda de fluídos corporais,<sup>55</sup> onde não ocorre um equilíbrio de fluídos e que pode representar uma ameaça à saúde e bem-estar do sujeito,<sup>56</sup> é dado o nome de desidratação. O seu processo oposto é caracterizado como re-hidratação e caracteriza-se como sendo a reposição/ganho de água.<sup>10; 57;</sup>

#### **2.6.1.1. FATORES QUE INFLUENCIAM O ESTADO DE HIDRATAÇÃO**

O estado de hidratação de um indivíduo pode ser caracterizado com base em fatores internos e externos ao mesmo. Como fatores internos ao sujeito existem características como a idade, o género, a composição corporal, o nível de atividade física e o tipo de ambiente em que está inserido, com base na temperatura, humidade e altitude, ocorrendo um aumento nos valores de perda de água através da transpiração e respiração dependendo das condições ambientais e do nível de adaptabilidade/tolerância que o atleta tiver a esse mesmo ambiente.<sup>58</sup> É de notar que as necessidades de termorregulação aumentam em ambientes não habituais para o indivíduo em esforço. Como fatores externos aos mesmos, existem duas soluções líquidas que quando tomadas provocam um balanço hídrico negativo no organismo, e assim, uma diminuição do peso corporal. A cafeína é conhecida pelo aumento da excreção urinária de água. O álcool afeta a secreção da hormona antidiurética na hipófise (diminui), ocorrendo um défice na reabsorção, fazendo com que o rim perca mais água.

#### **2.6.1.2. DESIDRATAÇÃO**

A desidratação, como definida anteriormente, é tida como a perda de água corporal,<sup>57</sup> não ocorrendo equilíbrio dos fluídos nos vários compartimentos do organismo.

É possível caracterizar o processo de desidratação através de dois critérios, apresentados na tabela abaixo:

TEMPORAL	QUANTIDADE DE SÓDIO
(1). Aguda	(a). Isotónica
(2). Crónica	(b). Hipertónica
	(c). Hipotónica

Tabela 2 - 3 Critérios de caracterização da desidratação

(1). Perdas de fluídos provocadas pelo exercício físico num curto espaço de tempo<sup>53</sup>;

(2). Ocorrem devido à falha na ingestão de líquidos ou pela perda excessiva durante um longo espaço de tempo<sup>53</sup>;

(a). Perda de uma igual quantidade de água e sódio. Muitas vezes possui como causa os vômitos e/ou diarreia<sup>59</sup>;

(b). Ocorre quando as perdas de água são superiores às perdas de sódio. Ocorrem dois fenómenos de análise controlável: hiperosmolaridade (osmolaridade no soro >300mmol/kg) e hipernatremia (sódio no soro >145 mosmol/Kg H<sub>2</sub>O)<sup>59</sup>;

(c). Ocorre quando as perdas de água são inferiores às perdas de sódio. Ocorrem dois fenómenos de análise controlável: osmolaridade no soro <280 mosmol/Kg H<sub>2</sub>O e sódio no soro <135 mosmol/Kg H<sub>2</sub>O)<sup>59</sup>;

Como sinais e sintomas da desidratação o indivíduo pode experienciar dores de cabeça, fadiga, perdas de apetite, intolerância ao calor, tonturas, olhos e boca secos, sensação de ardor no estômago e urina escura e com forte odor.<sup>53</sup> É necessária a atenção dos atletas para esta sintomatologia na medida de atuar o mais rapidamente possível, re-hidratando-se, quando se tratar de desidratação, evitando sintomas mais severos como sede, irritabilidade, dor de cabeça forte, cansaço, tonturas, cólicas, vômitos, náuseas, calafrios, diminuição do desempenho e desconforto geral.

### 2.6.1.3. NÍVEIS DE HIDRATAÇÃO E CONTROLO DE FLUÍDOS

A água é o maior componente do corpo humano, entre 40% a 70% do organismo é composto por água,<sup>60</sup> pelo que é um importante complemento para o desenvolvimento dos processos celulares, assim com respostas fisiológicas ao esforço.

Por desidratação é compreendido o processo de perda de fluídos corporais e que não são repostos, sendo que na prática desportiva existe uma grande tendência para tal, uma vez que é difícil manter um nível de hidratação constante, ocorrendo uma falha na reposição dos fluídos pós treino.<sup>53,61</sup>

O corpo humano possui mecanismos que tentam balançar as necessidades/excesso de fluídos, permitindo ao indivíduo realizar as tarefas que necessita, apesar de com um esforço maior a ele associado. Assim sendo, todos os processos fisiológicos são afetados e/ou comprometidos quando o indivíduo está desidratado ou hiperhidratado,<sup>60</sup> ou seja, a falta de fluídos no organismo ou hipohidratação afetam significativamente a performance muscular, sendo que perdas de 3-4% dos fluídos pode afetar até 10% a performance muscular em exercícios de endurance.<sup>60</sup> Como forma de entender a intensidade das perdas musculares associadas ao exercício e o quão são agravadas devido às condições ambientais não habituais para o sujeito, foram desenvolvidas técnicas exatas que dão a informação acerca desse facto, como a utilização de aparelhos de medição da osmolaridade, da densidade da urina, a comparação com a escala de cor (Ucor) e o cálculo do volume plasmático através das variáveis hemoglobina e hematócrito.

Manter os níveis de hidratação adequados é fundamental para os praticantes de desporto, uma vez que auxilia no desempenho físico, processos fisiológicos e bioquímicos, além de auxiliar na saúde e qualidade de vida.<sup>26</sup>

#### **a. PERDA DE MASSA CORPORAL**

A perda de peso está associada à prática de exercício físico, sendo que quanto mais intenso e durador o mesmo for, maiores libertações de fluídos ocorrem.<sup>60</sup> Deste modo, existe uma urgência no controlo dos fluídos uma vez que a escassez dos mesmos está diretamente relacionada com a performance e a recuperação pós esforço. O controlo dos fluídos pode ser facilmente realizado através da pesagem antes e depois da prática desportiva<sup>62</sup> e ingerindo de seguida a quantidade de água necessária para manter o equilíbrio do organismo humano sem carências a ele associadas.<sup>63</sup> Podem ser desenvolvidas estratégias que criem no atleta hábitos de ingestão de líquidos como apresentado pelos autores.<sup>60</sup>

A perda de massa corporal causada pela desidratação é resultado da perda de fluídos corporais durante o esforço. Assim, perdas compreendidas entre os 2-3% da massa corporal inicial é considerada uma perda moderada sem efeitos negativos severos, possuindo uma pequena influência negativa no desempenho dos atletas.<sup>55</sup>

No caso dos valores de perda de massa corporal serem superiores a 4% a influência negativa da desidratação aumenta, uma vez que ocorre uma perda de fluxo sanguíneo circulante nos músculos em esforço, levando a um aumento dos gastos de glicogénio muscular, ocorrendo um aumento da temperatura corporal interna e

muscular, levando ao estado de fadiga mais rapidamente, quando comparado com a mesma performance numa situação normohidratada.<sup>64</sup>

Numa situação extrema de uma perda de mais de 6% da massa corporal, é considerada uma situação grave pelo que o sujeito poderá ter graves complicações no seu organismo e até ter a sua vida colocada em risco; é uma situação demasiado comum quando se trata de esforços físicos intensos em climas quentes.<sup>57</sup>

## **b. ANÁLISE DA URINA**

Com a prática de exercício físico intenso o indivíduo desenvolve uma série de respostas fisiológicas que desenvolvem outras respostas no seu organismo como a mudança na cor da urina após o esforço.<sup>60</sup> Deste modo, como forma de existir um balanço hidráulico no organismo do indivíduo, o mesmo deverá considerar a toma da mesma quantidade de líquido que excreta na sua vida diária,<sup>65</sup> contudo, independentemente do exercício praticado os níveis de hidratação corporal devem ser preparados de modo a ingerir o aporte hídrico adequado, evitando possíveis problemas que podem interferir com o desempenho físico durante e/ou após o esforço, como desequilíbrios homeostáticos.<sup>25</sup>

A avaliação da urina pode ser feita através de uma escala de cor, onde é comparada a cor da urina com a cor da escala, associando-se a um grau de hidratação. Com a mesma recolha de urina, deverá ser medida a temperatura da mesma e os seus valores de osmoles; outra forma de medição dos níveis de hidratação da urina é através da sua densidade.

## **i. COR DA URINA**

A cor da urina é um excelente indicador do estado de desidratação do indivíduo. Segundo Armstrong et al.<sup>66</sup> a escala de 8 cores (já validada) permite entender em que estado de hidratação o sujeito se encontra, sendo claro que existem outras substâncias que podem já estar presentes ou ser adicionadas e que camuflam a verdadeira cor (este procedimento deverá ser realizado antes e depois do esforço).



Figura 2 - 1 Escala de cor de urina (Ucor)

A escala apresentada pode ser um excelente instrumento de controlo de nível de hidratação pelos atletas, uma vez que se trata de um método simples.

## ii. OSMOLARIDADE DA URINA

Por osmolaridade é entendida a concentração de uma solução, expressa na unidade osmoles de partículas de soluto por quilograma de solvente,<sup>67</sup> sendo um instrumento de medição de hidratação de um indivíduo.

Foi desenvolvida por Armstrong et al.<sup>66</sup> uma tabela dos valores de referência dos níveis de osmolaridade da urina:

	Osmolaridade
Bem hidratado	442 mosmol/Kg H <sub>2</sub> O
Hidratado	442-1.052 mosmol/Kg H <sub>2</sub> O
Desidratado	>1.052 mosmol/Kg H <sub>2</sub> O

Tabela 2 - 4 Valores de referência da osmolaridade na urina

## iii. DENSIDADE DA URINA

A densidade da urina é o resultado da comparação desse valor com a densidade da água pura de 1,00. É fisiologicamente impossível que a urina possua a mesma densidade que a água pura, assim é uma questão de comparar ambas as variáveis e obter um valor entre 1,002 (menor valor obtido) e aproximadamente, 1,040.<sup>67</sup>

	<b>Densidade</b>
Bem hidratado	< 1,013
Hidratado	1,013-1,029
Desidratado	>1,029

Tabela 2 - 5 Valores de referência da densidade da urina<sup>67</sup>

### c. AVALIAÇÕES ANALÍTICAS

#### i. HEMOGLOBINA PLASMÁTICA

A hemoglobina (Hb) é a proteína existente nos glóbulos vermelhos, sendo responsável pelo transporte de oxigénios até aos tecidos.<sup>68</sup>

<b>Sexo</b>	<b>Valores de referência (g/dl)</b>
Masculino	14-18
Feminino	12-16

Tabela 2 - 6 Valores de referência da hemoglobina por género<sup>68</sup>

#### ii. HEMATÓCRITO

O hematócrito mede o volume de glóbulos vermelhos em relação ao volume total de sangue (glóbulos vermelhos e plasma).<sup>68</sup>

<b>Sexo</b>	<b>Valores de referência (%)</b>
Masculino	40-54
Feminino	39-48

Tabela 2 - 7 Valores de referência para o hematócrito por género<sup>68</sup>

Os valores das concentrações de hematócrito no sangue em desportistas são mais elevados, pois possuem um sistema aeróbio mais desenvolvido, ou seja, com maiores quantidades de hemoglobina - a transportadora de oxigénio até aos tecidos.<sup>68</sup> A hemoglobina é essencial para a produção de energia através da via aeróbia, uma vez que se liga como forma de transportar o oxigénio para os tecidos através do sistema circulatório, dando acontecimento à tão conhecida respiração celular. O processo

através do qual os indivíduos obtêm energia para realizar as suas atividades pode ocorrer com ou sem a presença de oxigénio, caracterizando-se como aeróbio ou anaeróbio, respetivamente.<sup>68</sup> Com a prática do exercício os valores da concentração do hematócrito tendem a aumentar, ligeiramente, uma vez que o volume plasmático diminui devido à desidratação provocada pelo esforço.

### **iii. VOLUME PLASMÁTICO**

Por volume plasmático entende-se o volume médio do glóbulo vermelho expresso pela relação entre o hematócrito e os eritrócitos em  $\text{mm}^3$  cujos valores de referência são entre 41 e 45%,<sup>68</sup> sendo considerado o volume da parte líquida do organismo.<sup>10</sup>

Com o aumento da temperatura corporal ocorre o aumento do fluxo sanguíneo e conseqüentemente da transpiração, que numa primeira fase se reconhece por ser um processo de evaporação, mas que dependendo das condições climáticas e/ou até mesmo da intensidade do exercício origina a perda mais acentuada de líquidos corporais. Deverão ser sempre consideradas as perdas de eletrólitos acima da água corporal, uma vez que este desequilíbrio pode provocar hipohidratação nos sujeitos.<sup>2</sup> Durante o exercício físico ocorre sempre o fenómeno de desidratação, sendo que o mesmo se associa à perda de água corporal. Não se pode limitar a causa do fenómeno ao exercício físico, uma vez que a desidratação pode ser causada por outros fatores como a toma de medicamentos diuréticos, a exposição prolongada ao calor ou até mesmo a falta de ingestão de líquidos. Deste modo, a perda de volume plasmático origina o aumento das concentrações de hemoglobina sanguínea, tornando o sangue mais espesso e difícil de ser bombeado.

A desidratação aumenta a dificuldade da tarefa que está a ser desenvolvida, uma vez que altera os tempos dos processos de contração muscular, assim como a distribuição sanguínea pelo corpo, uma vez que o sangue se torna mais espesso e difícil de distribuir.<sup>2</sup> Deste modo, deverá ser considerada a ingestão de líquidos durante a competição, se assim for permitido pelo regulamento, dando preferência às bebidas frias que são mais rapidamente absorvidas pelo organismo.<sup>69</sup>

#### **2.6.2. HIDRATAÇÃO, PRESSÃO ARTERIAL E VOLUME PLASMÁTICO**

É de notar que, com esforço físico em condições não habituais de humidade e temperatura e com perdas no volume plasmático superiores a 2% do peso total do corpo,<sup>60</sup> o indivíduo irá ter um aumento significativo nos seus valores de PA, pelo que deve considerar a ingestão de líquidos durante o esforço, quando possível. Deste modo,

com as perdas acentuadas de líquidos aquando um esforço máximo, os valores de volume plasmático irão diminuir e conseqüentemente tornar o sangue menos diluído, dificultando a sua circulação, acabando por aumentar a FC e a PAS como mecanismo de resposta à carência de fluxo sanguíneo.<sup>37</sup>

### **2.6.3. HIDRATAÇÃO E TEMPERATURA CORPORAL**

Os níveis de hidratação dos indivíduos estão diretamente relacionados com a sua temperatura corporal, isto é, quanto mais elevada for a sua temperatura corporal maiores serão as suas perdas de fluídos, sendo que o fenómeno pode ser agravado quando o sujeito não possui condições suficientes para libertar calor através da evaporação.<sup>60</sup> Este impedimento ao processo pode ter diversas causas, entre elas as condições ambientais, o tipo de roupa utilizada, a intensidade do exercício, as diferenças individuais e o estado de hidratação.<sup>60</sup>

A maior consequência da desidratação é o aumento da temperatura corporal, sendo que a mesma será mais elevada quanto menor for a água corporal, quando comparado com a mesma intensidade em um indivíduo normohidratado. Deste modo, a cada 1% de peso perdido através da transpiração, durante o exercício, está associado um aumento de 0,15°C a 0,20°C de temperatura corporal.<sup>60</sup>

### **3. VARIÁVEIS BIOMECÂNICAS**

Durante o esforço existem uma série de variáveis que influenciam a performance do atleta, à parte das variáveis referidas nos tópicos anteriores, são consideradas variáveis determinantes da performance todas as variáveis biomecânicas que possam ser associadas à técnica de corrida, realçando as mais importantes – distância de ciclo e frequência de passada.<sup>70</sup> Estas caracterizam-se como variáveis que se alteram de forma inconsciente, sendo uma resposta do corpo ao esforço, na tentativa de reduzir o dispêndio energético.<sup>69</sup> Ocorrem grandes mudanças nessas duas variáveis decorrente do aumento da intensidade de esforço,<sup>71</sup> sendo uma característica individual e que nem sempre apresenta os mesmo padrões.

As alterações nos padrões de corrida não dependem apenas da velocidade de esforço, mas também do seu modo de progressão, do terreno, ou das mudanças de intensidade.<sup>71</sup>

A velocidade sofre influência de variáveis como a frequência e a distância de ciclo de passada, sendo que com o aumento da velocidade ocorre uma alteração nos valores de ambas. Assim, é importante entender que alterações se verificam e em que

medida podem ser influenciadas pelas diferenças nas condições climáticas no momento do esforço.

Com o aumento da intensidade está associado o aumento do esforço físico e consequentemente o aumento dos valores das variáveis fisiológicas como a FC, as concentrações de lactato sanguíneo, assim como as variações nos valores de frequência e distância de ciclo de passada.<sup>70</sup> Por distância de ciclo é entendida a distância entre dois contactos consecutivos do calcanhar do mesmo pé, notando que para quando ocorre um aumento dos valores de frequência de passada, existe uma tendência de diminuição dos valores de distância de ciclo de passada e vice-versa.

#### **4. CONSUMO DE OXIGÉNIO, VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E ACLIMATAÇÃO**

O consumo de oxigénio está intrínseco nas atividades diárias de todos os indivíduos,<sup>48</sup> sendo que difere em quantidade de acordo com o tipo de esforço praticado e a intensidade do mesmo.<sup>10; 49</sup> As diferenças nas condições climáticas no momento da performance influenciam o resultado final do indivíduo, uma vez que ocorrem aumentos significativos nas variáveis fisiológicas como a FC,<sup>29</sup> as concentrações de lactato sanguíneo<sup>32-34</sup> entre outras, causadas pelo aumento da temperatura e humidade exteriores; ocorrendo consequentemente um aumento dos valores de consumo de oxigénio que tentam fazer face ao aumento do esforço.<sup>25-31</sup> A aclimação é então o procedimento mais correto a adotar, na medida que adapta o organismo para a realização do esforço ao nível dos valores de excelência do indivíduo, mas em condições mais extremas.<sup>7; 9; 11-13</sup>

#### **5. RELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E AS CONDIÇÕES DE HUMIDADE E TEMPERATURA**

O corpo humano possui diversos mecanismos que lhe permitem manter o equilíbrio ainda que as suas condições externas e internas não lhe sejam favoráveis. Como forma de manter os seus mecanismos basais, o organismo tem necessidade de produzir ou libertar calor.<sup>23</sup> Deste modo, as respostas fisiológicas do exercício ao esforço diferem de acordo com as condições internas e externas ao indivíduo, pelo que os mecanismos de resposta, assim como a resposta, diferem dos níveis basais do mesmo.

A avaliação das performances dos indivíduos em diferentes condições ambientais, frias (10<sup>o</sup>), normais (22<sup>o</sup>) e quentes (35<sup>o</sup>),<sup>23</sup> leva a concluir quais os mecanismos ativados durante o esforço, em cada uma das referidas condições, assim como quais as respostas que o organismo desenvolve e o tempo que levam. Em condições de frio (10<sup>o</sup>) é referido um aumento da FC, desencadeado pelos mecanismos

de contração do músculo-esquelético como forma de produção de calor. Dando maior visão às respostas fisiológicas em condições de calor, é de notar que ocorre um aumento da FC que leva à libertação do calor em excesso no corpo, através da evaporação (primeiramente) e de seguida pela transpiração.<sup>23</sup>

Aquando a realização de um esforço físico máximo a temperaturas mais elevadas que o habitual, é observado um aumento da FC desde o início,<sup>23</sup> pelo que os mecanismos de produção de lactato respondem a uma intensidade mais baixa de esforço, levando a um conseqüente aumento da temperatura corporal o que conduz à libertação do calor corporal,<sup>60</sup> levando à perda de sais minerais e eletrólitos, ocorrendo uma diminuição do volume plasmático e um conseqüente aumento da concentração de hematócrito. É de notar que, quanto maior for a intensidade do esforço maior será a agressão no organismo do indivíduo, prejudicando a sua capacidade de realização do exercício de endurance e conseqüentemente menor será o tempo até alcançar a fadiga e exaustão, aquando um exercício de esforço máximo.<sup>23</sup>

## **CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA**

## 1. CARACTERIZAÇÃO E SELEÇÃO DA AMOSTRA

O estudo apresentado foi realizado com 8 atletas do sexo masculino (n=8), federados na modalidade de atletismo, com uma média de idades de 37,5±11,2 anos, com uma altura média de 175,9±7,8cm, uma massa corporal de 69,22±6,75kg um somatório médio de pregas de 74,6±17,8mm, com medição realizada com um adipómetro, uma percentagem de massa gorda de 13,8±4,7%, obtida através da pletismografia e com experiência média de prática da modalidade de 5,3±2,8 anos, que integram o calendário de competições regional e nacional de provas de fundo. Estes atletas treinam diariamente na pista de atletismo do Estádio Cidade Coimbra (ECC).

O recrutamento da amostra foi feito com base no desporto e na disciplina que os atletas praticam, sendo de interesse os atletas praticantes e federados na modalidade de atletismo que compitam em longas distâncias. Deste modo, desloquei-me ao ECC e convidei todos os atletas que se enquadravam nos critérios acima referidos.

Previamente à realização dos testes que envolvem o estudo, foi explicado aos atletas o objetivo da presente investigação, assim como a caracterização de todos os testes a serem realizados. Foi entregue a todos os atletas envolvidos no estudo um termo de consentimento informado (Anexo 1) contendo as informações necessárias para o correto desenrolar do mesmo.

### 1.1. FASES DO ESTUDO

O presente estudo foi estruturado por várias fases, que passam a ser descritas do diagrama abaixo (Figura 3-1).

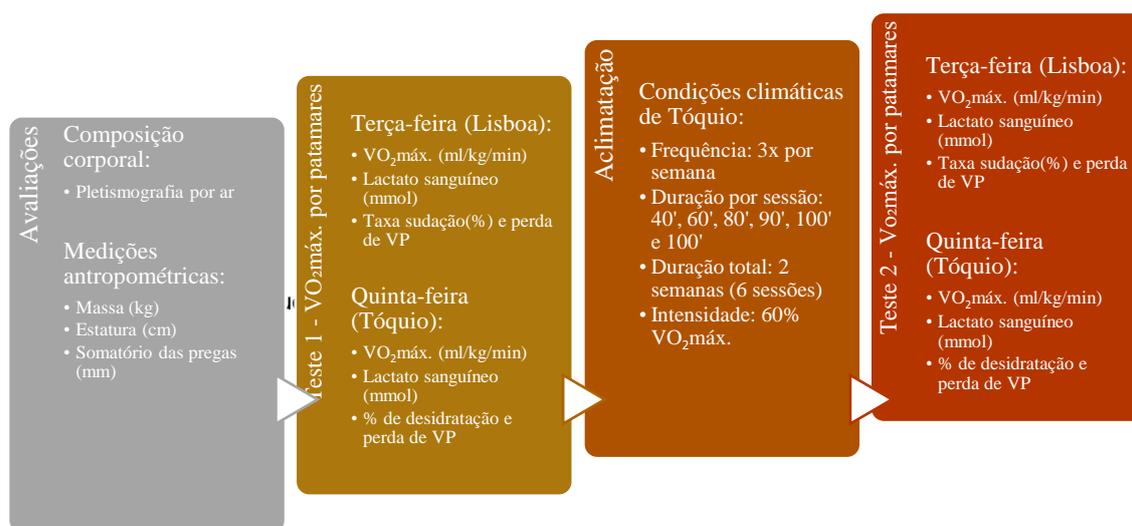


Figura 3 - 1 Fases do estudo: Avaliações, Teste 1 - VO<sub>2</sub>máx por patamares, Aclimação e Teste 2 – VO<sub>2</sub>máx por patamares

Como explicação por extenso dos procedimentos adotados nos dias de testes, são apresentadas cinco fases do processo de recolha de dados e intervenção:

- Recolha das medidas antropométricas e da composição corporal;
- Realização de um teste de  $VO_2$ máx por patamares, em condições de Lisboa (21°C/55% HR) e de Tóquio (34°C/55% HR) em situação Pré-Aclimação (Pré-ACL), tendo sido avaliadas as variáveis fisiológicas FC, [LA], VP, PA, Tci, RPE,  $VO_2$ , nível de hidratação, dispêndio energético, frequência e distância de ciclo de passada dos atletas. Esta fase de testes decorreu no Laboratório de Aerodinâmica Industrial (LAI).
- Realização do protocolo de aclimação (6 sessões), com base nas variáveis acima observadas, tendo decorrido igualmente no LAI:
  - A intensidade de cada sessão foi de 60%  $VO_2$ máx. e com uma duração crescente – 40', 60', 80', 90', 100' e 100', respetivamente, em dias alternados;
- Realização de um teste de  $VO_2$ máx por patamares, em condições de Lisboa (21°C/55% HR) e de Tóquio (34°C/55% HR) em situação Pós-Aclimação (Pós-ACL), tendo sido avaliadas as variáveis fisiológicas FC, [LA], VP, PA, Tci, RPE,  $VO_2$ , nível de hidratação, dispêndio energético, frequência e distância de ciclo de passada dos atletas. Esta fase de testes decorreu no Laboratório de Aerodinâmica Industrial (LAI).

## **1.2. PROTOCOLOS LABORATORIAIS**

A implementação de um protocolo por patamares e com intervalos<sup>72</sup> foi de extremo interesse para a metodologia uma vez que entre cada patamar foram realizadas a recolha das variáveis fisiológicas FC, [LA], PA, RPE,  $VO_2$  e frequência de passada dos atletas para o estudo em questão.<sup>73</sup>

### **1.2.1. ORGANIZAÇÃO DO LABORATÓRIO**

As fases de testes pré-aclimação (Pré-ACL), as sessões de aclimação (ACL) e pós-aclimação (Pós-ACL), foram realizadas no LAI, na passadeira rolante H-P Cosmos de modelo Quasar. Foi também adicionado um Ventilador (Equation – SFDC3 – 600CT0) (figura 3-2) cuja alimentação era feita através de um controlador de tensão variável que permite ajustar a velocidade de ar para o atleta. O ventilador encontrava-se a 2 metros do atleta, o que corresponde a uma deslocação de ar de 5km/h, avaliada com um anemómetro.



Figura 3 - 2 Ventilador Equation – SFDC3 – 600CT0

### **1.2.2. TESTE DE VO<sub>2</sub> MAX. POR PATAMARES EM CONDIÇÕES CONTROLADAS DE HUMIDADE E TEMPERATURA – SITUAÇÃO PRÉ-ACL E PÓS-ACL**

Os testes, apesar de serem realizados em momentos diferentes espaçados por um período temporal de duas semanas, contaram sempre com a mesma metodologia. Se dividirmos por fases os procedimentos desde a chegada do atleta ao laboratório podemos apresentar:

- Fase 1 – Nesta primeira fase foi realizada a avaliação antropométrica dos sujeitos (estatura e massa corporal (após urinar e sem t-shirt e calçado));
- Fase 2 – A urina trazida da casa de banho, após medição da temperatura interna, era utilizada para a análise do nível de desidratação do sujeito, avaliando a densidade, osmolaridade e cor da urina;
- Fase 3 – O atleta era colocado dentro da câmara climática por 7 minutos, exposto às condições do teste a realizar, sendo de seguida realizadas a colheita de sangue para a medição do hematócrito e a medição da pressão arterial;
- Fase 4 – Nesta fase o atleta era colocado na passadeira rolante para proceder ao aquecimento por 10 minutos a 9km/h;
- Fase 5 – Após calibrar os valores do MetaMax (figura 3-6) e assegurar a correta leitura dos dados (VO<sub>2</sub>, VE e QR), era dado início ao teste de limiar anaeróbio, contando com 4 minutos de corrida a 10km/h (1º patamar) e ocorrendo uma paragem de 1 minuto entre patamares como forma de medição das variáveis FC, [LA], PA, VO<sub>2</sub>, VE, QR e valor da escala percetiva de esforço (RPE 0-10). Os patamares possuíam um aumento progressivo, de 1km/h, até o atleta atingir a

exaustão ou dar por terminado o seu esforço – a folha de registo dos parâmetros avaliados encontra-se no Anexo 2;

- Fase 6 – No momento de término do esforço do atleta, eram recolhidos os dados fisiológicos relativos ao patamar realizado e o atleta era colocado a andar a uma velocidade de 5km/h por 5 minutos, e de seguida encaminhado para a casa de banho para recolher a amostra de urina. Após urinar e avaliar a temperatura da urina, encaminhava-se para a câmara onde era avaliada a massa corporal e onde dava início aos 7 minutos de repouso pós-esforço, onde era analisado posteriormente os parâmetros do hematócrito e PA. É de notar que desde o final do esforço até ao momento em que eram feitas as últimas medições o atleta não podia ingerir líquidos.

## **CALIBRAÇÕES**

É importante referir que antes da chegada de cada atleta era sempre realizada uma calibração ao analisador de gases MetaMax de acordo com o protocolo no manual fornecido pelo fabricante (figura 3-6).

### **1.2.3. PROTOCOLO DE ACLIMATAÇÃO**

O protocolo de aclimação desenvolvido contou com seis sessões de corrida contínua, a 40', 60', 80', 90', 100' e 100', realizados intervaladamente (segunda, quarta e sexta-feira ou terça, quinta e sábado) e com duração de duas semanas.

O protocolo desenvolvido de forma inovadora conta com a realização das sessões de aclimação em dias alternados (segunda, quarta e sexta-feira ou terça, quinta-feira e sábado), permitindo aos atletas conciliar os seus treinos semanais em condições climáticas normais e a intensidades normais, com as sessões de aclimação. Sendo esta uma imposição, por parte dos atletas e treinadores que se opõem ao facto de não treinar às intensidades planeadas durante duas semanas.

Dividindo as sessões por fases, podemos obter a:

- Fase 1 – Previamente à chegada do atleta eram colocadas na câmara térmica as condições climáticas que simulavam Tóquio (34°C e 55% HR);
- Fase 2 – Com a chegada do atleta, era colocado o cardiófrequencímetro no mesmo e era dado início à sessão, com uma intensidade de esforço estimada através do seu valor de  $VO_2\text{máx}$  (60% $VO_2\text{máx}$ ), no teste de  $VO_2\text{máx}$ . por patamares realizado nas condições climáticas de Tóquio, com base na equação metabólica:<sup>74</sup>

$$\%VO_2\text{máx} = (0,2 \times \text{velocidade (m/min)}) + (0,9 \times \text{velocidade (m/min)} \times \text{inclinação \%}) + R$$

CR- Componente de repouso (3,5 ml/kg/min);

- Fase 3 – Eram contabilizados os valores de FC e WBGT a cada 30' de esforço (folha de registo presente no Anexo 3).

### **1.3. AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA**

As variáveis antropométricas avaliadas para o presente estudo tiveram como principal objetivo a caracterização da amostra.

#### **1.3.1. MASSA CORPORAL**

A massa corporal dos sujeitos foi medida utilizando uma balança digital portátil – Seca, modelo 770 com graduação de 100gr. A pesagem dos atletas foi realizada nos momentos pré e pós-esforço, com os atletas apenas de calções de licra, sem t-shirt nem calçado, numa posição estática e com o olhar direcionado para a frente, até que o valor na balança fosse fixo, sendo repetido o protocolo duas vezes e caso o valor não fosse igual era realizada uma terceira medição, assumindo assim os dois valores iguais, em cada um dos momentos (pré e pós-esforço). Os valores obtidos na balança eram expressos em quilogramas (kg), com aproximação às décimas.

#### **1.3.2. ESTATURA**

A medição da estatura foi realizada no laboratório da FCDEF, utilizando um estadiómetro da marca Harpenden modelo 98.603 da Holtain Limites, com precisão ao milímetro. A estatura, caracterizada como a distância existente entre o vértex da cabeça e o plano plantar, é avaliada com a cabeça do sujeito orientada para o plano horizontal de Frankfurt, com o sujeito na posição anatómica de referência e descalço. A leitura do cursor, colocado no vértex, é expressa em centímetros com aproximação aos milímetros.

## 1.4. AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL

### 1.4.1. MEDIÇÃO DAS PREGAS ADIPOSAS

A medição das pregas subcutâneas mostrou a sua utilidade como variável na caracterização da amostra através do seu somatório para cada sujeito, sendo um método com uma percentagem de erro associado de erros de predição  $\leq 3,5\%$ , não sendo considerado significativo<sup>75-77</sup> e onde foram recolhidas as pregas subcutâneas:

- Peitoral: prega de gordura com orientação oblíqua entre o ponto médio da axila e do mamilo;
- Tricipital: prega de gordura localizada na parte posterior do braço direito, a meia distância entre os pontos acromial e olecraniano;
- Subescapular: prega de gordura medida na região posterior do tronco, mesmo abaixo do vértice inferior da omoplata;
- Axilar média: prega de gordura vertical encontrada no ponto onde ocorre o cruzamento da linha média axilar e da linha do ponto xifoide;
- Suprailíaca: prega de gordura imediatamente acima da crista ilíaca, ao nível da linha midaxilar;
- Abdominal: prega de gordura medida localizada a cerca de 3cm ao lado e 1cm abaixo da cicatriz umbilical;
- Crural: prega de gordura destacada na face anterior da coxa direita e a meia distância do sulco inguinal e do bordo proximal da rótula.

Para a medição foi utilizado um adipómetro Dr. Lange (figura 3-3) e as medições foram realizadas pelo mesmo observador certificado.



Figura 3 - 3 Adipómetro Dr. Lange, utilizado na medição das pregas adiposas

#### 1.4.2. PLETISMOGRAFIA

Caracterizado como um dos métodos utilizado para a medição da composição corporal que visa o cálculo do volume corporal. Na pletismografia utilizada a conversão da densidade corporal em percentagem de massa gorda foi feita através da equação de Siri, equação predefinida no equipamento para a medição para sujeitos com raça branca e maiores de 18 anos.<sup>78</sup>

A pletismografia revelou ser uma técnica válida e fiável para a avaliação da composição corporal, quando comparada à pesagem hidrostática.<sup>79</sup> Foi utilizado o pletismógrafo BODPOD, modelo de 2006, com número de série 3409.

#### 1.5. FREQUÊNCIA CARDÍACA

A frequência cardíaca foi avaliada e analisada através de um cardiofrequencímetro (Banda polar H10 – figura 3-4), associado à aplicação HRV instalada no Iphone 6S, durante todo o esforço físico.



Figura 3 - 4 Banda Polar H10 utilizada na medição da frequência cardíaca

#### 1.6. LACTATO SANGUÍNEO

##### 1.6.1. RECOLHA E DETERMINAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE LACTATO

Foram determinados os valores de lactato sanguíneo em cada patamar dos testes referidos no tópico 1.2.2. – Teste de  $VO_2$  máx. por patamares em condições controladas de humidade e temperatura – Situação Pré-ACL e Pós-ACL.

O procedimento de recolha inicia-se com a desinfeção do dedo da recolha e realizar uma picada, utilizando a agulha *Unistik 2 Extra*, recolhendo de seguida uma pequena amostra de 10 $\mu$ L através do uso de um capilar, que posteriormente é pipetada (Pipeta Dr. Lange) para dentro dos reagentes de Lactato Diagonal Lactate (Lac142). Cada amostra foi analisada com o miniespectrofotómetro Dr. Lange (figura 3-5 (1)),

obtendo assim, os valores de concentração de lactato em cada patamar, sendo possível comparar, em cada condição simulada, quando o participante está a produzir maior ou menor concentração de lactato.

Para a determinação dos dois valores das concentrações de 2 e de 4 mmol/l de lactato foi utilizado o *Lactate-E*, um a extensão do programa *Microsoft Excel* do *Windows 10*, sendo devidamente validada.<sup>80</sup> Deste modo, obtivemos os valores das intensidades de esforço correspondentes às concentrações de 2 e aos 4 mmol/l em cada teste, servindo de comparação entre testes e condições climáticas controladas (Lisboa e Tóquio).

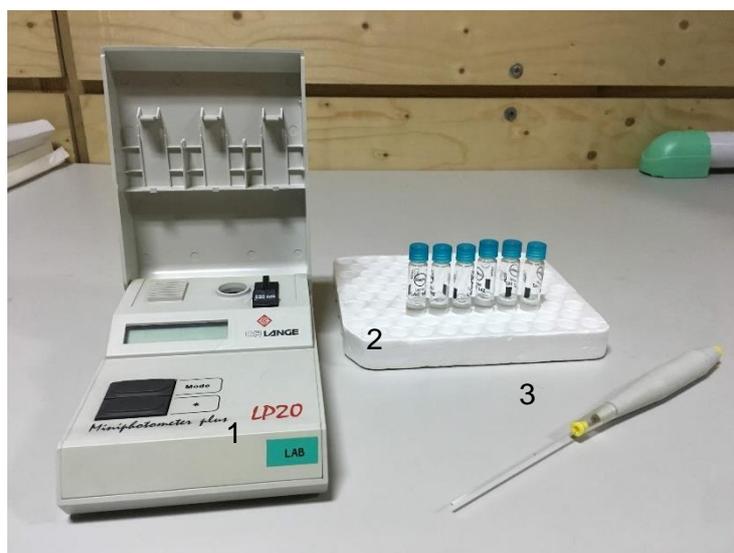


Figura 3 - 5 Instrumentos para a determinação do lactato sanguíneo (1- miniespectrofotómetro Dr. Lange; 2- reagentes de Lactato Diagonal Lactate (Lac142); 3- Pipeta Dr. Lange)

### 1.7. OBTENÇÃO DO $VO_2$ , VE E QR

A obtenção dos valores de  $VO_2$  foi feita através de um analisador de gases MetaMax de modelo CORTEX (figura 3-6), que disponibiliza informação a cada 10 segundos dos consumos de oxigénio dos atletas. Foram contabilizados os valores de consumo de oxigénio em cada patamar e os valores de  $VO_{2máx.}$  para o cálculo da intensidade de esforço para as sessões de aclimação – 60%  $VO_{2máx.}$



Figura 3 - 6 Analisador de gases MetaMax modelo CORTEX

### 1.8. TEMPERATURA CORPORAL CENTRAL

A temperatura corporal é das variáveis em estudo nesta investigação, na medida que é necessário entender os níveis de aquecimento do corpo do atleta e como os mesmos respondem a diferentes condições climáticas, tentando solucioná-lo, uma vez que com o aquecimento excessivo, vem a perda de fluídos e conseqüentemente uma perda no rendimento. Deste modo, foi avaliada a temperatura corporal através da temperatura da urina,<sup>45</sup> que nos indica a temperatura interna do corpo, em dois instantes – pré e pós-esforço (5min). O método apresentado foi considerado o menos invasivo e que provoca menor receio aos atletas.

As medições foram realizadas com um termómetro digital Checktemp® 1 HI98509 da Hanna Instruments, com uma resolução de  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  e uma precisão de  $0,3^{\circ}\text{C}$  (Figura 3-7).



Figura 3 - 7 Termómetro digital Checktemp® - Hanna Instruments utilizado na medição da temperatura da urina

## 1.9. PRESSÃO ARTERIAL

Os valores da pressão arterial foram medidos com um esfigmomanómetro coluna de mercúrio e um estetoscópio. Foram avaliados os valores iniciais, entre patamares e de repouso pós-teste.<sup>81</sup>

## 1.10. NÍVEL DE HIDRATAÇÃO

### 1.10.1. OSMOLARIDADE E DENSIDADE DA URINA

A medição da variável osmolaridade teve como objetivo avaliar o nível de hidratação dos atletas em dois momentos do estudo, pré e pós-esforço. Foi realizada a medição pós-teste.<sup>82;83</sup> Foi utilizado para a medição o aparelho Osmocheck, Pocket VITECH SCIENTIFIC Ltd (Figura 3-8).

Para a medição da variável densidade da urina<sup>84</sup> o aparelho utilizado foi um refratómetro OPTI Duo Refractometer da Bellingham + Stanley (Figura 3-8).

Apesar de as variáveis osmolaridade e densidade da urina serem feitos em aparelhos distintos a metodologia de calibração e medição dos valores é semelhante. Assim sendo, numa primeira fase, era pedido ao atleta para urinar para um copo de plástico transparente de massa reduzida, sendo que em simultâneo estava a ser realizada a calibração do aparelho com uma pipeta de *pasteur* e água destilada. Quando a amostra de urina chegava, com o aparelho devidamente calibrado, era colocada urina de forma a cobrir o analisador metálico e era premido o botão que permitia iniciar a medição dos valores. No final, após a obtenção dos valores, a amostra de urina era limpa do aparelho e o mesmo era limpo com água destilada.



Figura 3 - 8 Refratómetro OPTI Duo Refractometer da Bellingham + Stanley e Osmómetro Osmocheck, Pocket VITECH SCIENTIFIC Ltd

### 1.10.2. AVALIAÇÃO DA COR DA URINA

O nível de hidratação foi avaliado em dois momentos através da comparação da urina com a escala de cor da urina, sendo-lhe atribuído um grau, no início e no final de cada teste. Foi utilizada a escala de 8 cores (figura 3-9) desenvolvida por Armstrong et al.<sup>66</sup>

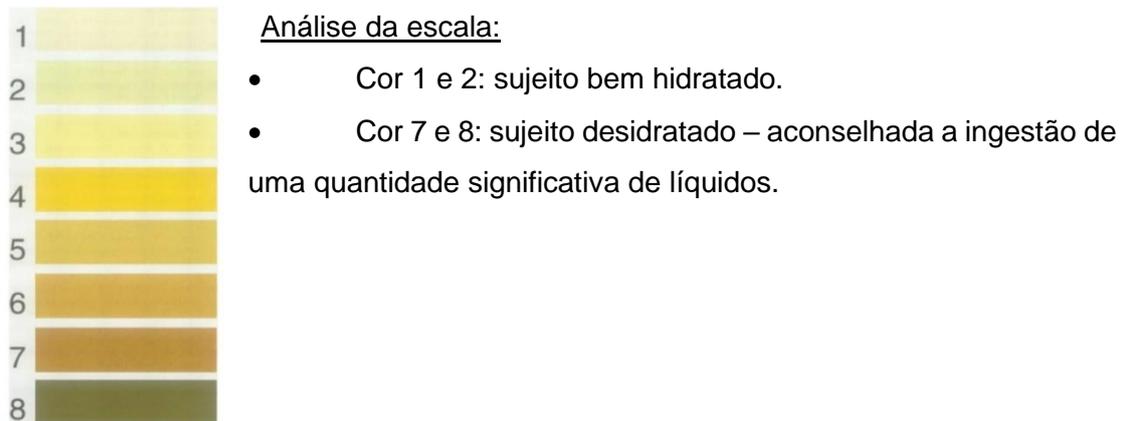


Figura 3 - 9 Escala de cor da urina (exemplar)<sup>66;85</sup>

### 1.10.3. VOLUME PLASMÁTICO

O volume plasmático foi por nós calculado com base na equação de Dill e Costill,<sup>86</sup> visto ser a mais utilizada cientificamente em contexto de exercício físico. É calculada através das variáveis hemoglobina e hematócrito em dois momentos – pré e pós-esforço. O cálculo é realizado através da equação:<sup>87</sup>

$$\Delta PV: 100[HbA (1-HctD \times 10^{-2})] / [HbD (1 - HctA \times 10^{-2})] - 100$$

#### 1.10.3.1. HEMATÓCRITO

A obtenção dos valores do hematócrito foi feita através do método de microhematócrito, considerado o método *gold standard* na determinação do hematócrito.<sup>88</sup>

A colheita da primeira amostra de sangue capilar foi realizada após 7 minutos de repouso na posição de sentado e dentro da câmara climática, exposto às condições climáticas do teste a realizar no presente dia. O procedimento de recolha partia por desinfetar o dedo polegar, secar o dedo com papel absorvente, realizar uma picada com uma agulha descartável Unistik 2 Extra, recolher sangue capilar por forma a preencher dois capilares de microhematócrito a  $\frac{3}{4}$  do seu volume e tapados, a parte superior do capilar, com plasticina. Posteriormente, os capilares de microhematócrito foram

colocados na centrífuga de microhematócrito (marca Hawksley England) (figura 3-10), durante 5 minutos,<sup>88</sup> a 11000 rotações por segundo. Por último, os capilares, já centrifugados, eram colocados numa régua e os seus valores de componentes sólida e líquida era utilizado para calcular o rácio, multiplicando por 100 como forma de obter o valor em percentagem (valores de referência entre 41%-45%).<sup>68</sup>



Figura 3 - 10 Centrífuga de microhematócrito Hawksley England

#### 1.10.3.2. HEMOGLOBINA

Como modo de obter os valores de hemoglobina os valores de hematócrito obtidos foram multiplicados pela constante 0,34.<sup>89</sup>

#### 1.10.4. PERDA DE MASSA CORPORAL

A massa corporal foi considerada neste estudo como sendo uma variável de extrema importância e de facilidade em ser obtida, sendo que para o efeito foi utilizada a mesma balança da medição da massa corporal, referida anteriormente.

A recolha dos valores de massa corporal foram realizados numa situação pré e pós-teste, sendo que em ambas as situações os atletas tinham sempre urinado antes da medição, sempre sem calçado e sem t-shirt ou qualquer outro acessório externo e secando com uma toalha o seu corpo. A quantidade de água ingerida durante o teste foi também analisada e utilizada para o cálculo da percentagem de perda de massa corporal sofrida:<sup>90</sup>

$$\% \text{ Desidratação} = \frac{(\text{Massa corporal inicial} - \text{Massa corporal final}) + \text{líquidos}}{100} \times 100$$

## 1.11. VARIÁVEIS BIOMECÂNICAS DA PASSADA – análise da passada

### 1.11.1. CICLOS DE PASSADA

O número de ciclos de passada foi calculado através de amostras de 30 segundos de vídeo, gravados com um *Iphone 6s* da Apple, cuja câmara possui 12 megapixels, com uma frequência de filmagem de 30Hz, sempre após o 2º min de cada patamar. Assim, analisando os vídeos no programa *Tracker 4.11.0* de setembro de 2017 e selecionando o instante em que o atleta inicia um ciclo de passada, foi contabilizada a quantidade de ciclos de passada que o atleta realizou com o mesmo membro inferior até ao final do vídeo e divididos pelo tempo em que os realizou, obtendo-se o número de ciclos por segundo em cada uma das velocidades de esforço, com o auxílio das ferramentas de cálculo do programa *Excel* (figura 3-11).

<i>km/h</i>	<i>Ciclos de passada / segundo</i>						
	<i>Ciclos</i>	<i>Hertz</i>	<i>Frame (I)</i>	<i>Frame (F)</i>	<i>Nº Frames</i>	<i>T (Segundos)</i>	<i>Ciclos/Segundo</i>
10	39	0,03	30	920	890	29,66666667	1,315
12	41	0,03	5	900	895	29,83333333	1,374
13	41	0,03	15	902	887	29,56666667	1,387
14	42	0,03	0	872	872	29,06666667	1,445
15	42	0,03	18	860	842	28,06666667	1,496
16	44	0,03	20	895	875	29,16666667	1,509
17	43	0,03	7	855	848	28,26666667	1,521

Figura 3 - 11 Exemplo de organização da variável 'ciclo de passada/segundo'

### 1.11.2. DISTÂNCIA DE CICLO DE PASSADA

A distância de ciclo de passada foi analisada do mesmo modo que os ciclos de passada, sendo calculada através do vídeo e realizando o cálculo:<sup>91</sup>

$$\text{Distância média de ciclo de passada (m/ciclo)} = \frac{\text{Velocidade (m/seg)}}{\text{Frequência de passada (ciclo/seg)}}$$

## 1.12. DISPÊNDIO ENERGÉTICO E CUSTO ENERGÉTICO

O cálculo do dispêndio energético para cada patamar do protocolo incremental, considerando assim a percentagem da contribuição aeróbia e anaeróbia:

$$\dot{E} = \text{VO}_{2\text{net}} + 3.0 [\text{La-}]_{\text{net}}$$

-  $\text{VO}_{2\text{net}}$  em  $\text{mlO}_2/\text{kg}/\text{min}$  é a diferença entre o  $\text{VO}_2$  obtido em cada patamar e o  $\text{VO}_2$  de repouso ( $6\text{ml}/\text{kg}/\text{min}$ )<sup>92</sup>

-  $[\text{La}]_{\text{net}}$  em  $\text{mmol}/\text{L}$  é a diferença entre a concentração de lactato obtida entre cada patamar

Para a obtenção da percentagem de contribuição aeróbia (% C. Ae) e anaeróbia (% C. Ana), deverá ser dividido o valor de net VO<sub>2</sub> (mlO<sub>2</sub>/min) pela soma de VO<sub>2</sub> (mlO<sub>2</sub>/min) e net LA (mlO<sub>2</sub>). Para obter a % Ana. foi subtraído por 100 o valor obtido de contribuição aeróbia em percentagem.<sup>49-51</sup>

O cálculo do custo energético (C) em J/kg/m utiliza o resultado obtido pelo dispêndio energético:

$$C = \dot{E} \cdot v^{-1}$$

- 1 mlO<sub>2</sub> equivale a 20,9 KJ/l

### 1.13. RATED PERCEIVED EXERTION (RPE) - BORG

A escala (figura 3-12), foi apresentada aos participantes imediatamente após o término de cada patamar, como forma de analisar a sua percepção ao esforço realizado em cada patamar a diferentes condições climáticas. Foi utilizada a escala de Borg reduzida (0-10) com a finalidade de facilitar ao atleta, no seu momento pós-esforço, não perder muito tempo a analisar a escala e a dar o seu valor de percepção do esforço realizado.<sup>93;94</sup>

0	Nenhuma
0,5	Muito, muito leve
1	Muito leve
2	Leve
3	Moderada
4	Pouco intensa
5	Intensa
6	
7	Muito intensa
8	
9	Muito, muito intensa
10	Máxima

Figura 3 - 12 Escala reduzida de Borg

### 1.14. WBGT

O indicador do índice de *stress* de calor presente no espaço do teste foi medido em dois instantes, sendo eles no momento que antecede o início do patamar de 10km/h (pré-esforço) e nos 5 minutos de recuperação do atleta no momento pós-esforço. Os valores a ter em consideração para a simulação das condições climáticas de Tóquio

(34°C/55% HR) foram 28°C no WBGT.<sup>27</sup> Para o efeito foi utilizado um Monitor de Stress de calor WBGT, modelo HT30 da marca EXTECH Instruments (figura 3-13).



Figura 3 - 13 Medidor de stress de calor WBGT

### 1.15. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi determinada em função do tamanho da amostra ( $n=8$ ), representando uma estatística não paramétrica uma vez que o número de sujeitos é inferior a 30 ( $n<30$ ).<sup>95;96</sup> O teste utilizado para a verificação de relações entre variáveis foi o teste de *Spearman* e para comparações o teste de *Wilcoxon* ou *U de Mann-Whitney*.

Os resultados apresentados no Capítulo 4 – Resultados e discussão são até ao patamar de 16km/h, pois nos patamares seguintes apenas alguns atletas os conseguiram completar e não em ambas as condições climáticas.

## **CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O estudo realizado conta com a apresentação dos resultados organizados em três momentos, sendo eles os três principais focos da discussão. É relevante entender as principais diferenças ocorridas na performance e nas variáveis fisiológicas em diferentes condições de temperatura e humidade: (1.) sem qualquer tipo de preparação para as condições extremas; (2.) entender a intensidade das adaptações desenvolvidas durante o protocolo de aclimação implementado; (3.) entender em que medida o protocolo desenvolveu as adaptações esperadas para as condições climáticas extremas, ou seja, comparação das prestações dos atletas e dos seus valores de variáveis fisiológicas em dois momentos distintos (pré e pós-aclimação) nas condições simuladas de Tóquio (34°C/55% HR).<sup>8</sup>

### CARACTERIZAÇÃO DOS ATLETAS

A caracterização dos atletas foi desenvolvida apresentando variáveis como a idade, os anos de experiência na modalidade, a massa corporal, a estatura, o IMC, o somatório das pregas adiposas e a percentagem de massa gorda. Na tabela 4-1 são apresentados os valores acima referidos, com tratamento estatístico, relativos à nossa amostra.

<b>Variáveis consideradas</b>	<b>Média e Desvio-padrão</b>
Idade (anos)	37,5 ± 11,2
Experiência (anos)	5,3 ± 2,8
Massa corporal (kg)	69,2 ± 6,8
Estatura (cm)	175,9 ± 7,8
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	22,35 ± 1,35
Somatório das pregas adiposas (mm)	74,6 ± 17,8
Massa gorda (%) (BodPod)	13,8 ± 4,7
Número de treinos semanais	> 5

Tabela 4 - 1 Variáveis consideradas para a caracterização dos atletas

É possível observar através dos dados recolhidos que todos os indivíduos da amostra se encontram dentro dos valores considerados de referência para os valores de massa gorda, sendo esses valores ideais para a manutenção de um estilo de vida saudável.

## 1. DIFERENÇAS ENTRE TESTES COM DIFERENTES CONDIÇÕES DE TEMPERATURA E HUMIDADE – LISBOA VS TÓQUIO – PRÉ-ACL

### 1.1. COMPARAÇÃO DAS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS EM DUAS CONDIÇÕES DE TEMPERATURA E HUMIDADE – LISBOA (21°C/55% HR) E TÓQUIO (34°C/55% HR)

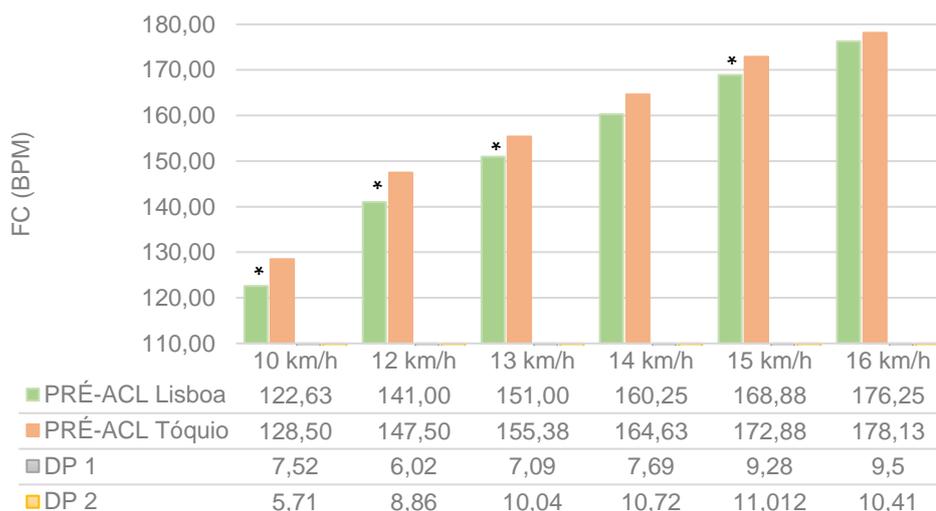
O objetivo deste tópico será analisar e compreender quais as diferenças e as relações existentes entre as variáveis de duas performances de testes de VO<sub>2</sub>máx por patamares – Lisboa e Tóquio. Os testes realizados contaram com as condições apresentadas na tabela 4-2.

	Pré-Aclimação Lisboa	Pré-Aclimação Tóquio
<b>Temperatura (°C)</b>	22,04±0,74	33,83±0,79
<b>Humidade Relativa (%)</b>	54,87±1,70	56,19±3,45
<b>WBGT</b>	18,39±1,23	28,26±1,62

Tabela 4 - 2 Condições médias de realização dos testes de VO<sub>2</sub> máx. na fase de pré-aclimação nas condições climáticas de Lisboa (21°C/55% HR) e Tóquio (34°C/55% HR)

#### 1.1.1. FREQUÊNCIA CARDÍACA

Nos testes realizados nas condições climáticas associadas a Lisboa (21°C/55% HR) e a Tóquio (34°C/55% HR) os valores médios obtidos de frequência cardíaca concluem-se superiores nas condições de Tóquio, como apresentado no gráfico 4-1.



\* dados estatisticamente significativos (p<0,05)

Gráfico 4 - 1 Valores médios de FC nos testes de VO<sub>2</sub>máx. por patamares que simulam as condições de Lisboa (21°/55% HR) e Tóquio (34°C/55% HR) numa fase de pré-aclimação

A amostra (n=8) apresentou valores médios de FC superiores em cada patamar do teste de VO<sub>2</sub>máx. por patamares em condições de Tóquio na fase de pré-aclimatação, uma vez que ambientes quentes/atípicos ao atleta induzem um aumento da termorregulação e um conseqüente aumento da FC, quando comparado com um esforço em ambiente típico.<sup>23; 97</sup> Dos valores de FC apresentados, as diferenças são estatisticamente significativas nos patamares 10 (sig. 0,035), 12 (sig. 0,017), 13 (sig. 0,046) e 15 km/h (sig. 0,028). Para as velocidades de 14 e 16km/h, apesar de não se verificarem diferenças estatisticamente significativas, constata-se que em ambos os casos existe um aumento dos valores médios de FC o que revela claramente a tendência de aumento da FC com a alteração das condições climáticas.

### 1.1.2. CONCENTRAÇÃO DE LACTATO SANGUÍNEO E RPE

É possível observar através da tabela 4-3 apresentada, que os valores de lactato sanguíneo (mmol/L) em esforços, em condições climáticas mais exigentes e fora das habituais para os atletas, tendem a aumentar as suas concentrações no sangue, quando comparado com um esforço em clima típico para o sujeito. Associado ao aumento das concentrações de lactato sanguíneo vem a percepção do atleta ao esforço que está a desenvolver, sendo que nas condições climáticas simuladas de Tóquio ambos os valores são superiores.<sup>98</sup>

km/h	Lactato sanguíneo [LA] (mmol/L)			RPE 0-10		
	Lisboa 21°C/55%HR	Tóquio 34°C/55%HR	Sig.	Lisboa 21°C/55%HR	Tóquio 34°C/55%HR	Sig.
10	1,43±0,41	1,58±0,45	0,398	1,50±0,71	1,56±0,62	0,655
12	1,82±0,55	1,85±0,49	0,624	2,88±0,99	3,25±1,28	0,180
13	2,02±0,82	2,39±0,75	0,036*	3,75±1,49	4,75±1,04	0,039*
14	2,76±1,15	3,26±1,39	0,123	5,00±1,69	5,88±1,36	0,084
15	3,94±2,04	4,90±2,39	0,036*	6,38±2,00	7,50±1,20	0,041*
16	6,27±3,73	6,81±3,19	0,161	8,25±1,49	8,88±0,83	0,129

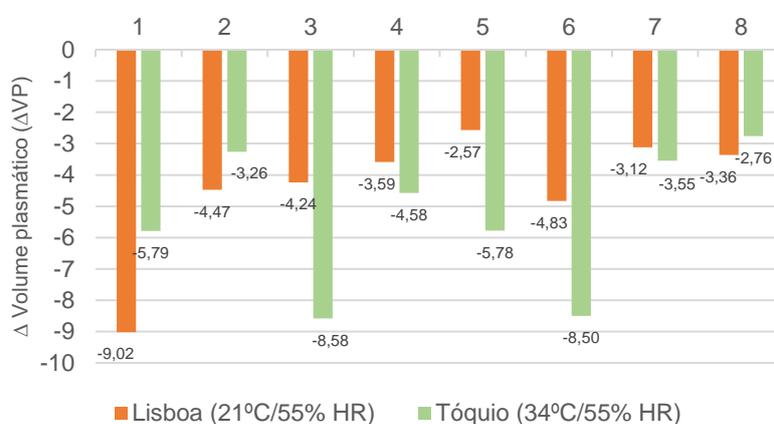
\* Diferenças estatisticamente significativas quando sig ≤ 0,05

Tabela 4 - 3 Valores médios de [LA] e RPE nos testes de VO<sub>2</sub>máx. por patamares que simulam as condições de Lisboa (21°/55% HR) e Tóquio (34°C/55% HR) numa fase de pré-aclimatação

### 1.1.3. VARIÁVEIS DE HIDRATAÇÃO E TEMPERATURA CORPORAL INTERNA

Observando o gráfico 4-2 é possível afirmar que o clima onde ocorreu uma maior variação nos valores de volume plasmático dos atletas foi nas condições simuladas de Tóquio (-5,35), assim como uma maior percentagem de desidratação (1,25%). Comparando os resultados obtidos com a literatura, na investigação de Maughan et al.<sup>99</sup>

mostrou que com o aumento da humidade e da temperatura do ambiente onde se realiza o esforço existe uma dificuldade aumentada de libertar o calor do corpo através da convecção e radiação, aumentando as perdas de calor através da evaporação, que também encontra limitações devido à alta humidade existente no ar, ocorrendo um aumento da temperatura corporal, sendo inevitável maiores perdas de fluídos através da transpiração.<sup>100</sup> É possível afirmar que num clima mais quente o indivíduo tende a perder mais fluídos pois existe uma maior necessidade de libertar o calor que gera durante o esforço. Relativamente aos valores observados correspondentes aos elementos 1 e 2 da amostra, as perdas de volume plasmático são maiores no clima simulado de Lisboa que no clima simulado de Tóquio, justificando-se pelo facto de os indivíduos já se encontrarem num estado perto da desidratação quando iniciaram o teste.



\* dados estatisticamente significativos (p<0,05)

Gráfico 4 - 2 Valores médios de  $\Delta$  Volume plasmático ( $\Delta$ VP) nos testes de  $VO_2$ máx. por patamares que simulam as condições de Lisboa (21°C/55% HR) e Tóquio (34°C/55% HR) numa fase de pré-aclimação

Variáveis	Pré-ACL Tóquio 34°C/55% HR	Pós-ACL Tóquio 34°C/55% HR	Sig.
% Desidratação	1,19±0,46	1,25±0,35	0,889
Osmolaridade da urina inicial (mosmol/Kg H <sub>2</sub> O)	352,50±213,12	431,25±220,48	0,575
Osmolaridade da urina final (mosmol/Kg H <sub>2</sub> O)	520,00±191,61	660,00±162,22	0,262
Densidade da urina inicial	1,010±0,005	1,011±0,006	0,776
Densidade da urina final	1,013±0,005	1,017±0,004	0,141
Cor da urina inicial	2,88±1,55	3,00±0,76	0,915
Cor da urina final	4,00±1,31	4,88±0,99	0,168
Temperatura interna inicial (°C)	35,56±0,65	35,81±0,40	0,528
Temperatura interna final (°C)	37,76±0,67	38,43±0,23	0,068

\* Diferenças estatisticamente significativas quando sig ≤ 0,05

Tabela 4 - 4 Valores médios das variáveis de hidratação e de temperatura corporal interna nos testes de  $VO_2$ máx. por patamares que simulam as condições de Lisboa (21°C/55% HR) e Tóquio (34°C/55% HR) numa fase de pré-aclimação

De uma forma geral, com base na observação da tabela 4-4 verifica-se que a percentagem de desidratação obtida nos testes no clima simulado de Tóquio é 0,06% superior às condições de Lisboa, associando-se essa informação aos dados observados no gráfico 4-2. Reforçando os dados que sustentam uma maior desidratação e perda de volume plasmático no clima simulado de Tóquio estão os valores de osmolaridade que possuem uma variação maior, entre os seus valores inicial e final, do que no clima de Lisboa e os valores de cor da urina que numa fase inicial possuem valores bastante idênticos, mas que com o esforço nos diferentes climas demonstram um aumento nos seus valores finais, sendo que quanto mais próxima de 8 estiver esse valor, mais desidratado se encontra o indivíduo. Relativamente à temperatura corporal interna, os valores da mesma no clima simulado de Tóquio são superiores, sendo possível afirmar que quanto maior a temperatura do clima onde ocorre o esforço, maiores serão os valores de temperatura corporal alcançados pelo indivíduo.<sup>99; 100</sup>

#### **1.1.4. CONSUMO DE O<sub>2</sub>, VENTILAÇÃO E QUOCIENTE RESPIRATÓRIO**

Na tabela 4-5 é possível observar que os valores de consumo de O<sub>2</sub> numa fase pré-aclimatação são superiores nas condições climáticas simuladas de Tóquio<sup>8</sup> do que nas condições de Lisboa, existindo dois momentos em que as diferenças são considerados estatisticamente significativas, aos 13 e 14 km/h, o que significa que, um indivíduo desenvolve um esforço maior quanto mais atípica for a condição climática a que o mesmo for sujeito.<sup>98</sup> Deste modo, quanto maior for o valor de consumo de O<sub>2</sub> na realização do patamar (a uma mesma intensidade), menor será a eficiência energética, sendo possível caracterizar o sujeito como menos eficiente energeticamente nas condições climáticas simuladas de Tóquio (34°C/55% HR).

Fazendo referência à variável VE, existem diferenças estatisticamente significativas nos valores obtidos para os patamares 12, 13, 14, 15 e 16 km/h, ou seja, nos patamares descritos, o indivíduo possui valores de ventilação (L/min) inferiores no clima simulado de Lisboa.

Relativamente aos valores de QR, para a velocidade de 10 km/h ocorreram diferenças estatisticamente significativas, não se verificando essa situação em mais nenhum patamar dos testes, podendo este facto justificar-se pelo aumento da ventilação e consumo de O<sub>2</sub> como forma de compensar as dificuldades impostas pelas condições climáticas.

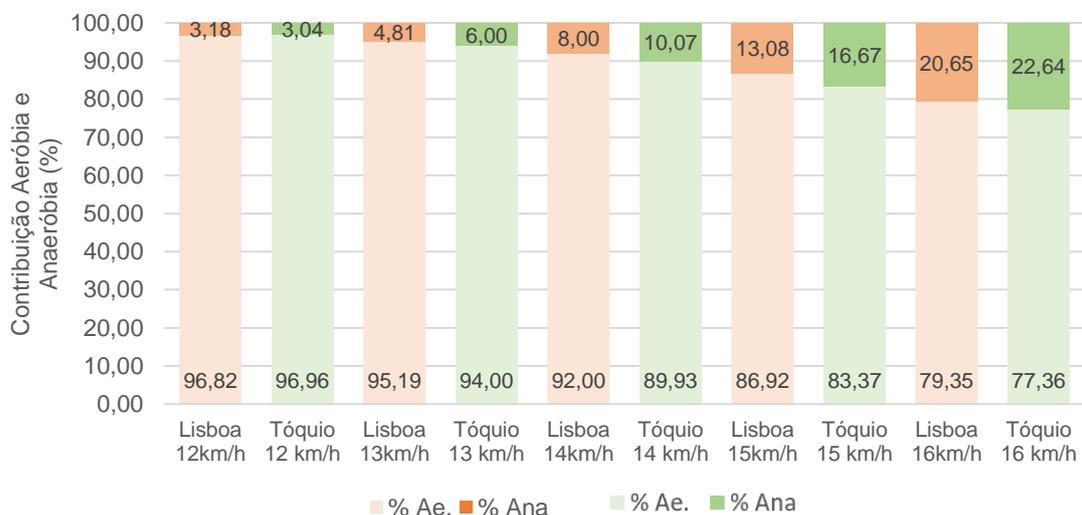
km/h	Consumo de O <sub>2</sub> (ml/kg/min)			Ventilação (L/min)			QR (L/min)		
	Lisboa 21°C/55%HR	Tóquio 34°C/55%HR	Sig.	Lisboa 21°C/55%HR	Tóquio 34°C/55%HR	Sig.	Lisboa 21°C/55%HR	Tóquio 34°C/55%HR	Sig.
10	33,88±2,28	34,46±2,96	0,575	59,22±8,38	61,86±11,09	0,263	0,88±0,03	0,86±0,03	0,027*
12	40,42±2,70	42,65±4,64	0,161	72,03±9,91	79,72±12,21	0,025*	0,90±0,03	0,90±0,03	0,671
13	44,07±2,99	46,85±4,04	0,036*	82,39±10,19	87,64±11,70	0,025*	0,91±0,03	0,89±0,05	0,136
14	48,79±3,67	50,90±3,50	0,012*	94,73±13,18	101,34±17,84	0,036*	0,93±0,04	0,91±0,04	0,057
15	52,77±3,22	54,17±4,62	0,123	107,06±13,43	115,40±17,13	0,025*	0,94±0,03	0,94±0,04	0,705
16	56,73±4,39	58,93±5,36	0,207	125,15±13,70	131,80±11,94	0,012*	0,98±0,05	0,96±0,01	0,598

\* Diferenças estatisticamente significativas quando sig ≤ 0,05

Tabela 4 - 5 Valores médios das variáveis de VO<sub>2</sub>, VE e QR nos testes de VO<sub>2</sub>máx. por patamares que simulam as condições de Lisboa (21°/55% HR) e Tóquio (34°C/55% HR) numa fase de pré-aclimatação

### 1.1.5. PERCENTAGEM DE CONTRIBUIÇÃO AERÓBIA E ANAERÓBIA, CUSTO ENERGÉTICO E VELOCIDADES CORRESPONDENTES AOS 2 E 4 mmol/L

Observando o gráfico 4-3 entende-se que a percentagem da contribuição anaeróbia (% C. Ana) tende a aumentar quanto mais elevada é a velocidade dos patamares. Deste modo, e sem considerar os patamares de 12km/h é possível afirmar que em condições climáticas atípicas os valores de percentagem de contribuição aeróbia (% C. Ae) são menores, existindo uma maior requisição das vias energéticas anaeróbias, como observado através da % C. Ana.<sup>98</sup>

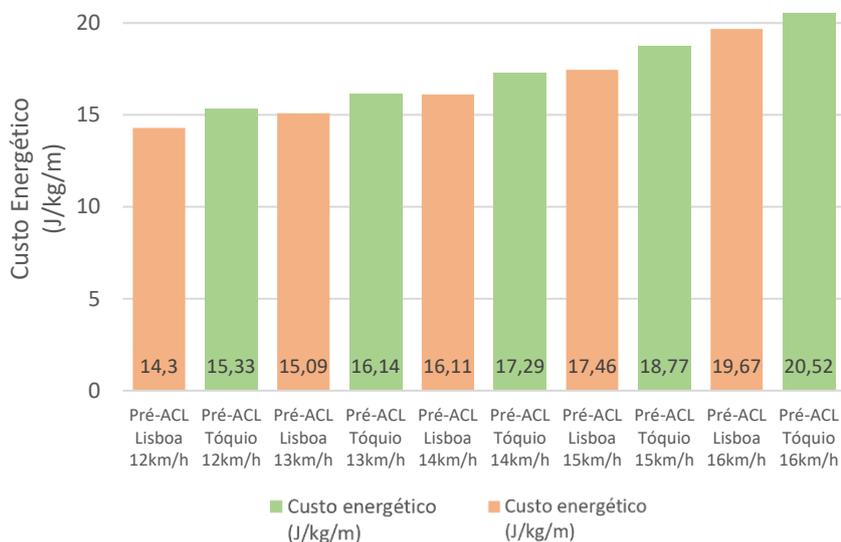


\* dados estatisticamente significativos (p<0,05)

Gráfico 4 - 3 Valores médios de contribuição aeróbia e anaeróbia, em percentagem, nos testes de VO<sub>2</sub>máx. por patamares que simulam as condições de Lisboa (21°/55% HR) e Tóquio (34°C/55% HR) numa fase de pré-aclimatação

Através da observação do gráfico 4-4 é possível afirmar que a eficiência energética é menor na condição climática simulada de Tóquio, sendo o custo energético exigido para a realização da tarefa maior nessa mesma situação, notando que quanto maior for o valor de custo energético menor será a eficiência energética do desempenho

do atleta. Através da análise estatística foi possível observar que nos patamares de esforço aos 13 (sig. 0,028), 14 (sig. 0,017) e 15km/h (sig. 0,050) foram encontradas diferenças estatisticamente significativas para os valores médios de custo energético entre as duas condições climáticas simuladas de Lisboa e Tóquio.



\* dados estatisticamente significativos ( $p < 0,05$ )

Gráfico 4 - 4 Valores médios do custo energético (J/kg/m) nos testes de  $VO_2$  máx. por patamares que simulam as condições de Lisboa (21°/55% HR) e Tóquio (34°C/55% HR) numa fase de pré-aclimatação

A tabela 4-6 permite observar as velocidades de corrida correspondentes às concentrações de lactato sanguíneo aos 2 e aos 4 mmol/L, sendo que em condições atípicas ao sujeito - Tóquio (34°C/55% HR), - as velocidades são inferiores, o que significa que o indivíduo atinge as concentrações a velocidades mais baixas, sendo que as condições climáticas atípicas diminuem a performance. Como nota, para as concentrações de 4 mmol/L os valores de sig. estão muito perto de se considerarem estatisticamente significativos, entendendo-se uma diferença grande entre as velocidades para a dada concentração de lactato sanguíneo.

Variáveis	Lisboa	Tóquio	Sig.
	21°C/55%HR	34°C/55%HR	
2 mmol/L	12,73±2,16	12,58±1,32	0,575
4 mmol/L	15,24±1,06	14,80±1,08	0,058

\* Diferenças estatisticamente significativas quando sig  $\leq 0,05$

Tabela 4 - 6 Valores médios das velocidades de corrida para as concentrações de 2 e 4 mmol/L nos testes de  $VO_2$  máx. por patamares que simulam as condições de Lisboa (21°/55% HR) e Tóquio (34°C/55% HR) numa fase de pré-aclimatação

### 1.1.6. ANÁLISE DA FREQUÊNCIA E DISTÂNCIA DE CICLO DE PASSADA

Após a observação da tabela 4-7 é possível afirmar que em todos os momentos, à exceção do patamar de 14km/h por possuir os mesmos valores, os números de ciclos por segundo é superior nas condições climáticas simuladas de Lisboa, associando-se a uma maior frequência de passada nas performances analisadas. Relativamente à distância de ciclo de passada, os dados mostram um aumento progressivo e superior da mesma, ainda que esse valor apenas seja estatisticamente significativo no patamar dos 12 km/h, nas condições climáticas simuladas de Tóquio, o que se explica pela maior distância de ciclo de passada nas condições consideradas atípicas ao sujeito (34°C/55% HR), do que nas condições a ele usuais (21°C/55% HR).

km/h	Frequência de passada (ciclo/segundo)			Distância de ciclo de passada (m/ciclo)		
	Lisboa	Tóquio	Sig.	Lisboa	Tóquio	Sig.
	21°C/55%HR	34°C/55%HR		21°C/55%HR	34°C/55%HR	
10	1,36± 0,05	1,35± 0,05	0,260	2,04±0,07	2,05±0,07	0,287
12	1,40± 0,05	1,38± 0,05	0,050*	2,38±0,08	2,41±0,10	0,034*
13	1,42± 0,04	1,40± 0,05	0,208	2,55±0,08	2,59±0,10	0,201
14	1,43± 0,04	1,43± 0,06	0,674	2,71±0,08	2,73±0,12	0,672
15	1,46± 0,04	1,44± 0,05	0,398	2,85±0,08	2,88±0,12	0,325
16	1,48± 0,05	1,48± 0,06	0,917	3,00±0,11	3,00±0,12	0,779

\* Diferenças estatisticamente significativas quando sig ≤ 0,05

Tabela 4 - 7 Valores médios da frequência e distância de ciclo de passada nos testes de VO<sub>2</sub>máx. por patamares que simulam as condições de Lisboa (21°/55% HR) e Tóquio (34°C/55% HR) numa fase de pré-aclimatação

### 1.1.7. COMENTÁRIO GERAL

Os dados previamente apresentados avaliam dois testes com a mesma metodologia, mas realizados sob condições climáticas distintas, sendo uma delas típica – Lisboa (21°C/55% HR) para o sujeito e a segunda uma condição extrema – Tóquio (34°C/55% HR). É possível observar que em condições climáticas extremas os valores das variáveis fisiológicas como FC,<sup>97</sup> [LA],<sup>98</sup> percepção de esforço, temperatura corporal interna,<sup>100</sup> % Des., ΔVP,<sup>99;100</sup> e consumo de O<sub>2</sub> e VE<sup>98</sup> aumentam os seus valores, para uma mesma intensidade de esforço, o que leva a diminuições na performance<sup>16</sup> como se pode verificar nas velocidades correspondentes às concentrações de lactato sanguíneo obtidas aos 2 e 4 mmol/L, que tiverem os seus valores diminuídos nas condições extremas. Indicadores biomecânicos como a frequência de passada tendem a ter valores superiores em climas mais confortáveis para os sujeitos, verificando-se um aumento dos valores médios de distância de ciclo de passada em condições menos favoráveis para os sujeitos. Em suma, nos resultados acima apresentados foi observado que, a performance dos sujeitos em condições climáticas extremas é prejudicada.

## 2. PROTOCOLO DE ACLIMATAÇÃO – ADAPTAÇÕES OBSERVADAS

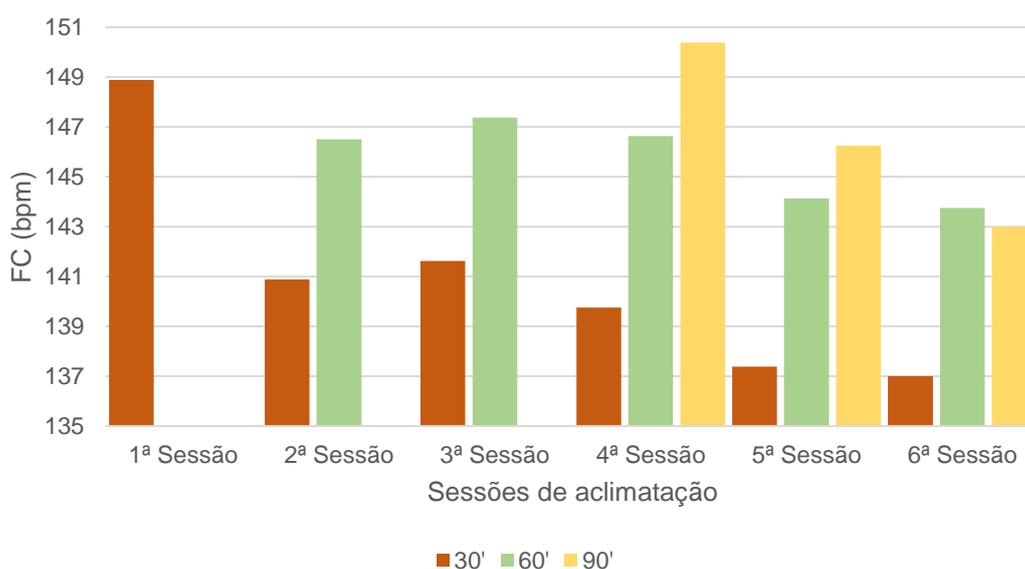
Como forma de implementar o protocolo de aclimação foi inicialmente calculada a velocidade de esforço a que os atletas seriam sujeitos, sendo a fórmula da equação metabólica<sup>74</sup> calculada com base no valor de 60% do VO<sub>2</sub>máx, obtido no teste 1 em condições climáticas simuladas de Tóquio. Na tabela 4-8 apresentam-se os valores médios de intensidade de esforço em km/h e de índice de *stress* WBGT.

<b>WBGT</b>	28,48±0,67
<b>VO<sub>2</sub> (60%)</b>	10,07±0,90 km/h

Tabela 4 - 8 Valores médios de WBGT e VO<sub>2</sub>máx. (60%)

### 2.1. FC DURANTE O PROCESSO DE ACLIMATAÇÃO

O gráfico abaixo apresentado representa a adaptação da FC às condições climáticas, sendo que foram registados valores a cada 30 minutos de esforço (Anexo 3).



\* dados estatisticamente significativos ( $p < 0,05$ )

Gráfico 4 - 5 Comportamento da FC ao longo das sessões de aclimação

É possível afirmar através do gráfico 4-5 que os valores de FC diminuem com o número de sessões de aclimação realizadas, mostrando assim uma adaptação da FC para um mesmo esforço em condições climáticas iguais.<sup>7; 9; 11; 14; 17; 101</sup> Apesar de não ser diário, o estímulo apresentado aos atletas revelou desenvolver adaptações ao clima de

testado – 34°C/55% HR. Quando avaliadas individualmente, as sessões que apresentaram valores estatisticamente significativo foram as apresentadas na tabela 4-9.

30'	1ª Sessão	2ª Sessão	Sig.
	148,88±12,90	140,88±13,95	0,012*
30'	1ª Sessão	6ª Sessão	Sig.
	148,88±12,90	137,00±11,03	0,012*

\* Diferenças estatisticamente significativas quando sig ≤ 0,05

Tabela 4 - 9 Valores estatisticamente significativos para os valores de FC entre sessões de aclimação

Através da observação da tabela é possível identificar que, apesar da grande maioria dos valores da FC diminuírem de sessão para sessão num determinado período de tempo em que ocorreram as medições (30', 60' e 90'), apenas os valores de FC da 1ª para a 2ª sessão e da 1ª para a 6ª sessão são considerados estatisticamente significativos.

### 3. DIFERENÇAS ENTRE TESTES NUMA MESMA CONDIÇÃO DE TEMPERATURA E HUMIDADE – MOMENTOS PRÉ E PÓS-ACLIAMATAÇÃO

#### 3.1. COMPARAÇÃO DAS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS NA MESMA CONDIÇÃO DE TEMPERATURA E HUMIDADE EM MOMENTOS DISTINTOS – TÓQUIO (34°C/55% HR) – Pré-ACL e Pós-ACL

O objetivo deste tópico será analisar e compreender quais as diferenças e as relações existentes entre as variáveis fisiológicas de duas performances de testes de VO<sub>2</sub>máx. por patamares nas condições climáticas simuladas de Tóquio. Os testes realizados contaram com as condições apresentadas na tabela 4-10. É possível verificar que os testes se realizaram em condições de humidade e temperatura idênticas, não se verificando diferenças significativas entre os dois momentos.

	Pré-ACL Tóquio	Pós-ACL Tóquio	Sig.
Temperatura (°C)	33,83±0,79	34,04±0,59	0,438
Humidade Relativa (%)	56,19±3,45	55,81±1,30	0,352
WBGT	28,21±1,38	27,96±0,23	0,911

Tabela 4 - 10 Condições médias de realização dos testes de VO<sub>2</sub> máx. por patamares nas condições de Tóquio (34°C/55% HR) nas fases de pré e pós-aclimação

##### 3.1.1. FREQUÊNCIA CARDÍACA

Observando o gráfico 4-6, é possível afirmar que todos os valores médios de FC são mais baixos para uma mesma intensidade de esforço, após a aplicação do protocolo de aclimação, sendo este um dos indicadores de adaptação ao clima desejado, descrito na literatura com a variáveis com resposta mais rápida ao processo, levando 4 a 6 dias.<sup>7; 9; 11; 14; 17; 101</sup> Às velocidades de 14 e 15 km/h os valores recolhidos mostraram ser estatisticamente significativos, como apresentado no gráfico.

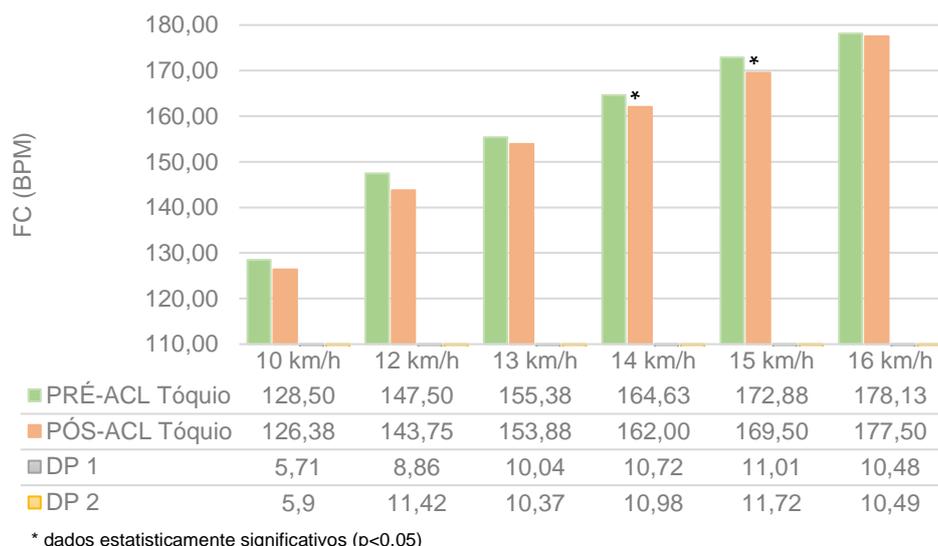


Gráfico 4 - 6 Valores médios de FC nos testes de VO<sub>2</sub>máx. por patamares que simulam as condições de Tóquio (34°C/55% HR) nas fases de pré e pós-aclimação

### 3.1.2. CONCENTRAÇÕES DE LACTATO SANGUÍNEO E RPE

Com base na tabela 4-11 é possível observar o crescimento das duas variáveis ao longo dos patamares de esforço. Assim, com base na escala RPE os sujeitos classificaram-se como menos cansados do que nas mesmas condições antes de ser implementado o protocolo de aclimação, sendo estatisticamente significativos os resultados obtidos nos patamares de 13, 14 e 15 km/h.<sup>14</sup> Relativamente às concentrações de lactato sanguíneo no decorrer dos patamares de esforço, encontra-se uma tendência de descida dos valores médios de [LA] na fase Pós-ACL, onde se apresenta apenas um resultado estatisticamente significativo no patamar dos 10km/h, sig. 0,018, sendo esta descida resultado das adaptações alcançadas através da exposição às condições extremas – protocolo de aclimação.

km/h	Lactato sanguíneo [LA] (mmol/L)			RPE 0-10		
	Pré-ACL Tóquio 34°C/55% HR	Pós-ACL Tóquio 34°C/55% HR	Sig.	Pré-ACL Tóquio 34°C/55% HR	Pós-ACL Tóquio 34°C/55% HR	Sig.
10	1,56±0,49	1,22±0,38	0,018*	1,56±0,62	1,13±0,58	0,102
12	1,73±0,39	1,72±0,66	0,735	3,25±1,28	2,56±1,18	0,066
13	2,21±0,60	2,07±0,92	0,799	4,75±1,04	3,75±1,04	0,023*
14	2,86±0,87	2,47±1,29	0,237	5,88±1,36	5,38±1,30	0,046*
15	4,21±1,52	3,96±1,96	0,735	7,50±1,20	7,00±1,20	0,046*
16	5,90±1,80	5,65±2,38	0,398	8,88±0,83	8,75±1,04	0,564

\* Diferenças estatisticamente significativas quando sig ≤ 0,05

Tabela 4 - 11 Valores médios de [LA] e RPE nos testes de VO<sub>2</sub>máx. por patamares que simulam as condições de Tóquio (34°C/55% HR) nas fases de pré e pós-aclimação

### 3.1.3. PRESSÃO ARTERIAL SISTÓLICA E DIASTÓLICA

A pressão arterial sistólica, como apresentada na tabela 4-12 em dois momentos de avaliação (Pré e Pós-ACL Tóquio) mostra uma tendência de descida com a adaptação do atleta às condições climáticas de esforço,<sup>14</sup> sendo possível observar exatamente isso na tabela. Apesar de todos os valores médios de PAS diminuírem no momento Pós-ACL, apenas em dois dos patamares de esforço essa diminuição é estatisticamente significativa, sendo eles aos 10 e aos 12 km/h. Relativamente à pressão arterial diastólica os seus valores tendem a diminuir ligeiramente após a implementação do protocolo de aclimação, contudo nenhum das diferenças é significativa.

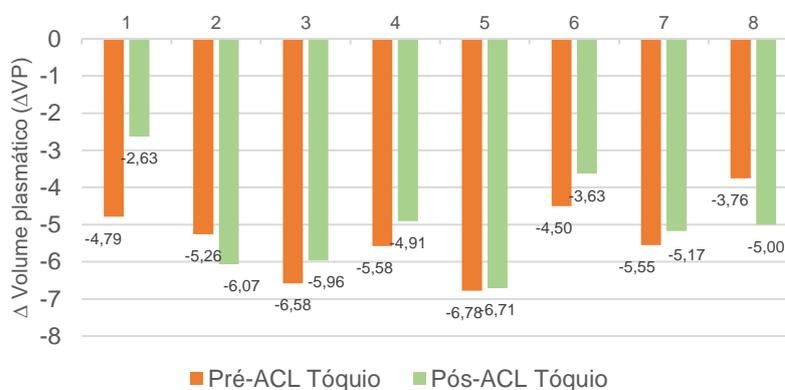
km/h	Pressão Arterial Sistólica (PAS) (mmHg)			Pressão Arterial Diastólica (PAD) (mmHg)		
	Pré-ACL Tóquio 34°C/55% HR	Pós-ACL Tóquio 34°C/55% HR	Sig.	Pré-ACL Tóquio 34°C/55% HR	Pós-ACL Tóquio 34°C/55% HR	Sig.
10	141,50±13,52	128,63±6,26	0,030*	81,75±4,83	79,75±3,28	0,293
12	151,13± 11,31	136,88±8,63	0,050*	79,00±4,93	76,38±4,78	0,248
13	161,13± 11,73	149,25±10,22	0,123	76,88±6,83	72,25±4,20	0,080
14	174,25± 13,45	165,88±18,73	0,208	74,38±7,93	70,00±5,24	0,123
15	188,50±17,31	181,25±18,89	0,176	73,13±7,88	68,25±5,52	0,123
16	202,38± 20,56	195,63±11,70	0,263	72,25±7,82	68,13±7,85	0,122

\* Diferenças estatisticamente significativas quando sig ≤ 0,05

Tabela 4 - 12 Valores médios da pressão arterial sistólica (PAS) nos testes de VO<sub>2</sub>máx por patamares que simulam as condições de Tóquio (34°C/55% HR) nas fases de pré e pós-aclimação

### 3.1.4. VARIÁVEIS DE HIDRATAÇÃO E TEMPERATURA CORPORAL INTERNA

Através do gráfico 4-7 é possível observar uma diminuição geral dos valores médios de volume plasmático após a implementação do protocolo de aclimação, de -5,35±1,02 para -5,01±1,34 e com uma significância de 0,779, como esperado e referido na literatura.<sup>7; 12; 14; 15; 18; 19; 102</sup> É de notar que, apesar da diminuição dos valores de VP em relação à fase Pré-ACL, os dados obtidos não se consideraram estatisticamente significativos, podendo haver uma necessidade de aumento da exposição às condições.



\* dados estatisticamente significativos

Gráfico 4 - 7 Valores médios de Δ Volume plasmático (ΔVP) nos testes de VO<sub>2</sub>máx. por patamares que simulam as condições de Tóquio (34°C/55% HR) nas fases de pré e pós-aclimação

A tabela 4-13 mostra que, após a implementação do protocolo de aclimação, os valores médios das variáveis osmolaridade, densidade e cor da urina tendem a diminuir os seus valores, em valores modestos. Assim, a percentagem de desidratação sofreu uma diminuição de 0,08% para o mesmo clima nas diferentes fases da investigação – Pré-ACL e Pós-ACL, sendo compatível com a informação presente na literatura.<sup>7; 12; 14; 15; 18; 19; 102</sup> Na variável densidade da urina, para a medição pré-esforço os valores consideram-se idênticos, contudo foram encontradas diferenças estatisticamente significativas para o momento pós-esforço, com um sig. 0,042.

A variável temperatura corporal interna, medida através da temperatura da urina nos momentos pré e pós esforço, mostraram ser idênticas numa medição pré-esforço, contudo são consideradas estatisticamente significativas num momento pós-esforço com um sig. 0,017, mostrando uma diminuição da temperatura corporal interna, para um mesmo esforço, após a implementação do protocolo de aclimação.<sup>7; 13; 14; 18</sup>

Variáveis	Pré-ACL Tóquio 34°C/55% HR	Pós-ACL Tóquio 34°C/55% HR	Sig.
% Desidratação	1,25±0,35	1,17±0,11	0,624
Osmolaridade da urina inicial (mosmol/Kg H <sub>2</sub> O)	431,25±220,48	412,50±209,267	0,726
Osmolaridade da urina final (mosmol/Kg H <sub>2</sub> O)	660,00±162,22	583,75±136,166	0,261
Densidade da urina inicial	1,011±0,006	1,012±0,006	0,832
Densidade da urina final	1,017±0,004	1,016±0,006	0,042*
Cor da urina inicial	3,00±0,76	3,88±1,64	0,133
Cor da urina final	4,88±0,99	4,38±1,85	0,450
Temperatura interna inicial (°C)	35,81±0,40	35,78±0,54	0,943
Temperatura interna final (°C)	38,43±0,23	37,69±0,58	0,017*

\* Diferenças estatisticamente significativas quando sig ≤ 0,05

Tabela 4 - 13 Valores médios das variáveis de hidratação e temperatura corporal interna nos testes de VO<sub>2</sub>máx. por patamares que simulam as condições de Tóquio (34°C/55% HR) nas fases de pré e pós-aclimação

### 3.1.5. CONSUMO DE O<sub>2</sub>, VENTILAÇÃO E QUOCIENTE RESPIRATÓRIO

As variáveis presentes na tabela 4-14 são diretamente proporcionais entre si, isto é, quando o valor de uma aumenta o das outras segue exatamente o mesmo comportamento, ainda que não nas mesmas proporções.

Observando os valores médios de consumo de oxigénio os mesmos desceram após a implementação do protocolo de aclimação,<sup>16</sup> sendo considerada estatisticamente significativa a diferença entre os valores médios para o patamar de 13 km/h, com um sig. 0,036. Deste modo, com a diminuição dos valores médios de VO<sub>2</sub> por patamar é possível afirmar que os indivíduos se tornam mais eficientes após a implementação do protocolo de aclimação.

Relativamente à VE e QR, os valores são um pouco mais irregulares, sendo que não se verificaram diferenças estatisticamente significativas para as variáveis em nenhuma das fases de estudo.

km/h	Consumo de O <sub>2</sub> (ml/kg/min)			Ventilação (L/min)			QR (L/min)		
	Pré-ACL Tóquio 34°C/55% HR	Pós-ACL Tóquio 34°C/55% HR	Sig.	Pré-ACL Tóquio 34°C/55% HR	Pós-ACL Tóquio 34°C/55% HR	Sig.	Pré-ACL Tóquio 34°C/55% HR	Pós-ACL Tóquio 34°C/55% HR	Sig.
10	34,46±2,96	34,24±2,91	0,674	61,86±11,09	63,46±8,07	0,889	0,86±0,03	0,86±0,03	0,798
12	42,65±4,64	40,21±3,94	0,208	79,72±12,21	75,79±10,07	0,484	0,90±0,03	0,88±0,04	0,068
13	46,85±4,04	44,04±3,33	0,036*	87,64±11,70	87,15±11,39	0,889	0,89±0,05	0,90±0,04	0,323
14	50,90±3,50	48,78±3,83	0,069	101,34±17,84	100,24±14,47	0,674	0,91±0,04	0,91±0,05	0,865
15	54,17±4,62	54,08±3,61	0,889	115,40±17,13	118,71±16,29	0,401	0,94±0,04	0,95±0,04	0,343
16	58,93±5,36	57,55±4,20	0,401	131,80±11,94	132,85±12,09	0,263	0,96±0,01	0,96±0,04	1,000

\* Diferenças estatisticamente significativas quando sig ≤ 0,05

Tabela 4 - 14 Valores médios das variáveis de VO<sub>2</sub>, VE e QR nos testes de VO<sub>2</sub>máx por patamares que simulam as condições de Tóquio (34°C/55% HR) nas fases de pré e pós-aclimação

### 3.1.6. PERCENTAGEM DE CONTRIBUIÇÃO AERÓBIA E ANAERÓBIA, CUSTO ENERGÉTICO E VELOCIDADES CORRESPONDENTES AOS 2 E 4 mmol/L

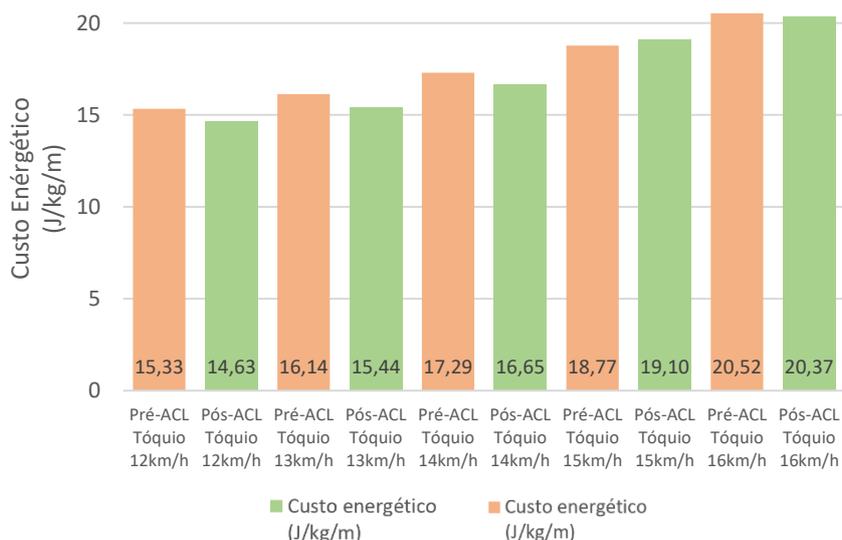
Através da observação do gráfico 4-8 é possível verificar que, com exceção dos patamares de 12, 13 e 15km/h, a contribuição anaeróbia durante a realização do esforço, na situação climática simulada de Tóquio na fase de pós-aclimação, diminuiu, sendo um indicador das adaptações desenvolvidas através do protocolo de aclimação implementado.



\* dados estatisticamente significativos (p<0,05)

Gráfico 4 - 8 Valores médios de contribuição aeróbia e anaeróbia, em percentagem, nos testes de VO<sub>2</sub>máx. por patamares que simulam as condições de Tóquio (34°C/55% HR) nas fases de pré e pós-aclimação

Através da observação do gráfico 4-9 é possível observar que o custo energético necessário para realizar cada patamar de esforço a uma determinada velocidade verificou-se menor na fase de pós-aclimação em todos os patamares à exceção dos 15km/h onde ocorreu um aumento. A descida dos valores médios na fase Pós-ACL mostrou-se uma adaptação ao clima pretendido causado pelo protocolo de aclimação implementado, tornando os sujeitos mais toleráveis ao clima adverso onde realizaram o seu esforço.



\* dados estatisticamente significativos ( $p < 0,05$ )

Gráfico 4 - 9 Valores médios do custo energético (J/kg/m) nos testes de  $VO_2$  máx. por patamares que simulam as condições de Tóquio ( $34^\circ\text{C}/55\% \text{HR}$ ) nas fases de pré e pós-aclimação

Com base na tabela 4-15 é possível afirmar que, após a implementação do protocolo de aclimação, as velocidades correspondentes aos 2 e aos 4 mmol/L aumentaram os seus valores, embora não significativamente, o que significa que os indivíduos conseguiram realizar o mesmo esforço a velocidades mais elevadas, sendo isso reproduzido num aumento de rendimento.<sup>16</sup>

Variáveis	Pré-ACL Tóquio $34^\circ\text{C}/55\% \text{HR}$	Pós-ACL Tóquio $34^\circ\text{C}/55\% \text{HR}$	Sig.
2 mmol/L	$12,58 \pm 1,32$	$12,73 \pm 2,01$	0,484
4 mmol/L	$14,80 \pm 1,08$	$14,96 \pm 1,47$	0,624

\* Diferenças estatisticamente significativas quando sig  $\leq 0,05$

Tabela 4 - 15 Valores médios das velocidades para as concentrações de 2 e 4 mmol/L, nos testes de  $VO_2$  máx por patamares que simulam as condições de Tóquio ( $34^\circ\text{C}/55\% \text{HR}$ ) nas fases de pré e pós-aclimação

Tomando como exemplo hipotético o tempo de realização da maratona (42,195km), com base nas velocidades que correspondem às 4 mmol/L nas duas fases de estudo, foi calculado o tempo total a essa velocidade, obteve-se na tabela 4-16:

<u>4mmol/L</u>	km/h	min/km	Tempo total
Pré-ACL Tóquio	14,80	04:03	02:50:54
Pós-ACL Tóquio	14,96	04:00	02:48:47

Tabela 4 - 16 Tempos a realizar na maratona com base na concentração de lactato sanguíneo 4 mmol/L, nos testes de VO<sub>2</sub>máx por patamares que simulam as condições de Tóquio (34°C/55% HR) nas fases de pré e pós-aclimatação

### 3.1.7. ANÁLISE DA FREQUÊNCIA E DISTÂNCIA DE CICLO DE PASSADA

Com base na tabela 4-17, os valores de frequência de passada nas unidades de ciclos/segundo aumentaram em todos os patamares, verificando-se uma diminuição dos valores de distância de ciclo de passada. Deste modo, e comparando com as condições climáticas de Lisboa numa situação Pré-ACL, os valores de frequência de passada também são mais altos ocorrendo uma diminuição da distância de ciclo de passada, podendo esta informação se traduzir que o comportamento da variável frequência de passada tende a aumentar quanto mais confortável for o clima para o sujeito; ocorrendo o comportamento oposto da variável distância de ciclo de passada que tende a diminuir quanto mais confortável for o clima para o sujeito.

km/h	Frequência de passada (ciclo/segundo)			Distância de ciclo de passada (m/ciclo)		
	Pré-ACL Tóquio 34°C/55% HR	Pós-ACL Tóquio 34°C/55% HR	Sig.	Pré-ACL Tóquio 34°C/55% HR	Pós-ACL Tóquio 34°C/55% HR	Sig.
10	1,35± 0,05	1,36±0,03	0 484	2,05±0,07	2,04±0,04	0,323
12	1,38± 0,05	1,40±0,04	0 326	2,41±0,10	2,39±0,07	0,326
13	1,40± 0,05	1,41±0,05	0 327	2,59±0,10	2,57±0,08	0,291
14	1,43± 0,06	1,45±0,04	0,206	2,73±0,12	2,69±0,08	0,205
15	1,44± 0,05	1,47±0,06	0,161	2,88±0,12	2,85±0,12	0,326
16	1,48± 0,06	1,49±0,06	0,263	3,00±0,12	2,99±0,13	0,526

\* Diferenças estatisticamente significativas quando sig ≤ 0,05

Tabela 4 - 17 Valores médios da frequência e distância de ciclo de passada nos testes de VO<sub>2</sub>máx por patamares que simulam as condições de Tóquio (34°C/55% HR) nas fases de pré e pós-aclimatação

### 3.1.8. COMENTÁRIO GERAL

Com base nos resultados obtidos nos tópicos anteriores que comparam a mesma condição climática simulada de Tóquio (34°C/55% HR) em duas fases distintas – Pré-ACL e Pós-ACL, é possível concluir que ocorre um reajustamento ao calor nas variáveis analisadas com base nas performances realizadas. Assim, a FC apresentou uma descida dos seus valores médios em todos os seus patamares de esforço, sendo esta a primeira adaptação observável durante e após implementação do protocolo de aclimatação, como confirmado na literatura.<sup>7; 9; 11; 14; 17; 101</sup> As concentrações de lactato sanguíneo [LA] mostraram uma tendência de diminuição dos seus valores médios, apresentando para um mesmo esforço uma menor concentração de mmol/L e uma conseqüente diminuição da percepção de esforço<sup>14</sup> sentida durante os patamares, numa fase pós-aclimatação. A variação do volume plasmático ( $\Delta VP$ ) sofreu uma diferença de variação de 6,36%, tendo ocorrido uma menor perda de fluídos e conseqüente percentagem de desidratação (% Des) após a implementação do protocolo de aclimatação, apresentando-se mais uma adaptação ao clima extremo.<sup>7; 12; 14; 15; 18; 19; 102</sup> Os valores médios de temperatura corporal (Tci), devido à adaptação ao clima extremo pretendido,<sup>7; 13; 14; 18</sup> diminuíram 0,74°C, mostrando a variável ser estatisticamente significativa com sig. 0,017. Foi analisada uma descida da variável consumo de O<sub>2</sub> (VO<sub>2</sub>),<sup>16</sup> na fase Pós-ACL em todos os patamares, sendo os valores médios estatisticamente significativos no patamares de 13km/h, com sig. 0,036. Os valores médios das velocidades correspondentes às concentrações de 2 e 4 mmol/L aumentaram, reforçando que para uma mesma concentração de lactato sanguíneo obtiveram-se velocidades superiores,<sup>16</sup> quando comparado com as velocidades obtidas na fase Pré-ACL, apresentando-se uma melhoria da performance provocada pelo protocolo de aclimatação. Por último, as variáveis frequência e distância de ciclo de passada mostraram um aumento dos seus valores médios com o aumento da intensidade nos patamares, sendo possível observar uma tendência de aumento dos valores médios de frequência de passada após a implementação do protocolo de aclimatação e uma diminuição dos valores médios de distância de ciclo de passada para a mesma fase de estudo. A performance realizada na fase Pós-ACL mostrou-se mais confortável para os sujeitos e apresentou um comportamento idêntico ao da performance nas condições climáticas de Lisboa (21°C/55% HR) na fase de Pré-ACL.

Em suma, o protocolo intermitente aplicado, que contou com a presença dos sujeitos em dias alternados, mostrou resultados na performance tornando os sujeitos mais eficientes e económicos devido à diminuição dos valores médios das variáveis fisiológicas.

## **CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES**

A exposição prolongada a ambientes quentes e húmidos vai provocar um reajustamento mais fino das variáveis FC, [LA], RPE, PAS, VO<sub>2</sub>, VE, QR, frequência e distância de ciclo de passada<sup>7; 9; 11-19; 101</sup> melhorando a performance do exercício, observado através de velocidades correspondentes a concentrações de lactato sanguíneo como 2 e 4 mmol/l e pela diminuição da  $\Delta VP$ ,<sup>7; 12; 14; 15; 18; 19; 102</sup> nessas mesmas condições. Deste modo, a investigação mostrou-nos que é importante preparar o atleta, sempre que possível, para a performance numa determinada condição climática quando a mesma mostra ser adversa ou atípica para o sujeito, como forma de atenuar os efeitos negativos causados pelo impacto dessas condições no nosso corpo.

Neste estudo, que se encontra organizado em três fases, conseguimos perceber, numa primeira fase, qual o comportamento das variáveis fisiológicas quando um sujeito se encontra desaclimatado, ou seja, quando o nosso organismo não se encontra preparado/adaptado para o *stress* induzido pelo calor, podendo chegar a desenvolver hipertermia e uma diminuição notória da performance. Dessa forma, os resultados obtidos mostraram uma prestação no teste de VO<sub>2</sub>máx. inferior no clima simulado de Tóquio (34°C/55% HR), quando comparados com a prestação no clima simulado de Lisboa (21°C/55% HR), constatando-se que os indivíduos testados foram menos eficientes nas condições climáticas extremas antes do processo de aclimação.

Na segunda parte do estudo, que contou com a implementação do protocolo de aclimação, que se caracteriza como a repetição de sessões de exercício em condições quentes (34°C/55% HR), que induzem adaptações fisiológicas e termorregulatórias, que atenuam o impacto negativo do calor na performance,<sup>7; 9; 12-19</sup> a variável fisiológica FC mostrou um decréscimo significativo da primeira para a segunda sessão e da primeira para a última sessão. Portanto, tal como apresentado na literatura, foi verificado um decréscimo dessa variável como o primeiro sinal de adaptação, por parte do organismo, ao clima pretendido.

Numa terceira fase do estudo verificou-se que para a mesma situação climática simulada de Tóquio (34°C/55% HR), para diferentes fases do estudo – pré-ACL e pós-ACL, os valores médios das variáveis tornaram-se um pouco mais próximos aos das condições confortáveis (21°C/55% HR) para o sujeito, tendo ocorrido uma resposta mais ajustada às condições de *stress* provocadas pela alteração das condições climáticas testadas. Os resultados obtidos demonstram uma tendência de descida dos valores médios das variáveis FC, [LA], PAS, RPE, VO<sub>2</sub>, VE, QR e distância de ciclo de passada,<sup>7; 9; 11-19; 101;</sup> ocorrendo também uma diminuição de 1,93% da T<sub>ci</sub> na fase de pós-aclimação, considerando-se o mesmo estatisticamente significativo, quando comparado com os valores médios obtidos na fase inicial da investigação, para uma mesma condição de temperatura e humidade simulada - Tóquio (34°C/55% HR).

Verificaram-se, na mesma investigação, tendências de subia das velocidades correspondentes às concentrações de lactato de 2 e 4 mmol/L,<sup>16</sup> constatando-se uma performance mais confortável no momento do esforço para a mesma condição de temperatura e humidade simulada, entendendo-se como uma adaptação alcançada após a implementação do protocolo de aclimação.

Os processos de aclimação podem variar entre protocolos com dias consecutivos ou intermitentes, tendo sido optada a investigação por um protocolo com dias intermitentes<sup>103</sup> pela escassez de informação na literatura e pela conveniência para os atletas na manutenção das suas rotinas diárias de treino.

A investigação mostrou-nos que o protocolo de aclimação desenvolvido e aplicado foi capaz de desenvolver adaptações ao clima extremo e assim melhorar a resposta do sujeito ao esforço, melhorando conseqüentemente a sua performance.

#### **LIMITAÇÕES/SUGESTÕES DO ESTUDO**

Como limitações na investigação apresentamos as seguintes sugestões:

- Aumentar o tempo de exposição às condições climáticas extremas, ou seja, prolongar a duração do protocolo de aclimação;
- Possuir uma amostra com um *n* superior como forma de reforçar o poder preditivo da amostra.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Olson LT. Masters Track and Field: A History. 1ª Edição. Jefferson: McFarland; 2000.
2. Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ e Stachenfeld NS. Exercise and Fluid Replacement. ACSM. 2007; 377-387.
3. Nieman DC. Exercise Immunology: Practical Applications. Int. J. Sports Med. 1997; 18: S91-S100.
4. Rodriguez AB, Barriga C e De la Fuente M. Phagocytic Function of Blood Neutrophils in Sedentary Young People after Physical Exercise. Int. J. Sports Med. 1991; 12: 276-280.
5. Duarte JA, Mota MP, Neuparth MJ, Appell HJ e Soares JM. Miopatia do Exercício. Anatomopatologia e Fisiopatologia. RPCD. 2001; 1(2): 73-80.
6. Fitzgerald L. Exercise and the immune system. Immunology Today. 1998; 9(11): 337-339.
7. Sawka MN, Wenger CB e Pandolf KB. Thermoregulatory responses to acute exercise-heat stress and heat acclimation. Handbook of Physiology, Environmental Physiology. 2011; 157-178.
8. Szubski C. Sweltering Heat at the 2020 Olympics in Tokyo. Sportify Cities; [Julho, 2016; 17.04.2020]. <https://sportifycities.com/tokyo-2020-heat-factor/>.
9. Pandolf KB. Time Course of Heat Acclimation and its Decay. Int. J. Sports Med. 1998; 19: S157-S160.
10. McArdle WD, Katch FI e Katch VL. Fisiologia do Exercício – Nutrição, Energia e Desempenho Humano. 8ª edição. Rio de Janeiro: GUANABARA; 2016.
11. Armstrong LE. Performing in extreme environments. Edição ilustrada. Champaign: Human Kinetics; 2000.
12. Avellini BA, Kamon E e Krajewski JT. Physiological responses of physically fit men and women to acclimation to humid heat. J. Appl. Physiol. Respir. Environ. Exerc. Physiol. 2019; 254-261.
13. Nielsen B, Hales JR, Strange S, Christensen NJ, Warberg J e Saltin B. Human circulatory and thermoregulatory adaptations with heat acclimation and exercise in a hot, dry environment. J. Physiol. 1993; 460: 467-485.
14. Tyler CJ, Reeve T, Hodges GJ e Cheung SS. The Effects of Heat Adaptation on Physiology, Perception and Exercise Performance in the Heat: A Meta-Analysis. Sports Med. 2016; 46:1699-1724.
15. Pethick WA, Murray HJ, McFadyen P, Brodie R, Gaul CA e Stellingwerff T. Effects of hydration status during heat acclimation on plasma volume and performance. Scand J. Med. Sci. Sports. 2019; 29: 189-199.

16. Lorenzo S, Halliwill JR, Sawka MN e Minson CT. Heat acclimation improves exercise performance. *J. Appl. Physiol.* 2010; 109: 1140-1147.
17. Sawka MN, Leon LR, Montain SJ e Sonna LA. Integrated Physiological Mechanisms of Exercise Performance, Adaptation, Maladaptation to Heat Stress. *Comprehensive Physiology.* 2011; 1: 1883-1928.
18. Mitchell D, Senay LC, Wyndham CH, van Rensburg AJ, Rogers GG e Strydom NB. Acclimatization in a hot, humid environment: energy exchange, body temperature, and sweating. *J. Appl. Physiol.* 1976; 40(5): 768-778.
19. Gonzalez RR, Pandolf KB e Gagge AP. Heat acclimation and decline in sweating during humidity transients. *J. Appl. Physiol.* 1974; 36(4): 419-425.
20. Thun E, Bjorvatn B, Flo E, Harris A e Pellesen S. Sleep, circadian rhythms, and athletic performance. *Sleep Med. Rev.* 2015; 23: 1-9.
21. Watson J, et al. Impact of Noise on Nurses in Pediatric Intensive Care Units. *Am J. Crit. Care.* 2015; 5: 377-384.
22. Wilmore J, Costill D e Kenney W. *Physiology of Sport and exercise.* 5ª Edição. Champaign: Human Kinetics; 2008.
23. No M e Kwak H-B. Effects of environmental temperature on physiological responses during submaximal and maximal exercise in soccer players. *IMR.* 2016; 1-7.
24. Backx K, Naughton LMc, Crickmore L, Palmer G e Carlisle A. Effects of Differing Heat and Humidity on the Performance and Recovery from Multiple High Intensity, Intermittent Exercise Bouts. *Int. J. Sports Med.* 2000; 21: 400-405.
25. Silva AL, Zermiani G e Lima TR. Perfil Nutricional, estado de hidratação e lactato sanguíneo em jogadores de golfe. 116-127.
26. Gaspar AR e Quintela DA. Physical modelling of globe and natural wet bulb temperatures to predict WBGT heat stress index in outdoor environments. *Int. J. Biometeorol.* 2009; 53: 221-230.
27. McCann DJ e Adams WC. Wet bulb globe temperature index and performance in competitive distance runners. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1997; 29(7): 955-961.
28. Kashimura O, Minami K e Hoshi A. Prediction of WBGT for the Tokyo 2020 Olympic Marathon. *Jpn. J. Biometeor.* 2016; 53(4): 139-144.
29. Gent S, Kleinbongard P, Dammann P, Neuhauser M e Heusch G. Heart rate reduction and longevity in mice. *Basic Res Cardiol.* 2015; 110(2): 1-9.
30. Karvonen J e Vuorimaa T. Heart Rate and Exercise Intensity During Sports Activities: Practical Application. *Sports Med.* 1988; 5: 303-312.

31. Portier H, Louisy F, Laude D, Berthelot M e Guezennec C-Y. Intense endurance training on heart rate and blood pressure variability in runners. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2001; 1120-1125.
32. Hall MM, Rajasekaran S, Thomsen TW e Peterson AR. Lactate: Friend or Foe. *A A P M & R.* 2016; 8:S8-S15.
33. Messonnier LA, Emhoff C-AW, Fattor JA, Horning MA, Carlson TJ e Brooks GA. Lactate kinetics at the lactate threshold in trained and untrained men. *J. Appl. Physiol.* 2013; 114: 1593-1602.
34. Tanner RK e Gore CJ. *Physiological Tests for Elite Athletes.* 2ª Edição. Champaign: Human Kinetics; 2013.
35. Hermansen L e Stensvold I. Production and Removal of Lactate during Exercise in Man. *Acta Physiol. Scand.* 1972; 86: 191-201.
36. Blackwell W. Aging and circadian disruption of blood pressure observed using 7-Day/24-hour ambulatory blood pressure monitoring. *JAGS.* 2014; 62(11): 2213-2215.
37. Yancey R. Anesthetic Management of the Hypertensive Patient: Part I. *Anesth Prog.* 2018; 65: 131-138.
38. Monteiro MF e Filho DC. Exercício físico e o controle da pressão arterial. *Rev Bras. Med. Esporte.* 2004; 10(6): 513-516.
39. Comess KA e Fenster PE. Clinical Implications of the Blood Pressure Response to Exercise. *Cardiology.* 1981; 68: 233-244.
40. Passaro LC. Resposta cardiovascular na prova de esforço: pressão arterial sistólica. *Rev. Bras. Med. Esporte.* 1997; 3(1): 6-10.
41. Pescatello LS et al. Exercise intensity alters postexercise hypotension. *J. Hypertens.* 2004; 22(10): 1881-1888.
42. Kenney MJ e Seals DR. Postexercise Hypotension: Key Features, Mechanisms, and Clinical Significance. *Hypertension.* 1993; 22: 653-664.
43. Sund-Levander M, Forsberg C e Wahren LK: Normal oral, rectal, tympanic and axillary body temperature in adult men and women: a systematic review. *Scand. J. Caring Sci.* 2002; 16(2): 122-128.
44. Lim CL, Byrne C e Lee JK. Human Thermoregulation and Measurement of Body Temperature in Exercise and Clinical Settings. *Ann. Acad. Med. Singap.* 2008; 37: 347-353.
45. Kawanami S, Horie S, Inoue J e Yamashita M. Urine temperature as an index for the core temperature of industrial workers in hot or cold environments. *Int. J. Biometereol.* 2012; 1-7.

46. Houdas Y e Ring EF. Human Body Temperature: its Measurement and Regulation. 1ª Edição. New York: Springer; 1982.
47. Tyler OJ. Maximizing Performance in Hot Environments: a Problem-Based Learning Approach. Edição ilustrada. Abingdon,UK: Routledge; 2019.
48. Vasilescu M. Aerobic versus Anaerobic – comparative studies concerning the dynamics of the aerobic and anaerobic effort parameters in top athletes. *Medicina Sportiva*. 2013; IX(2): 2130-2140.
49. Gomes BB et al. Gross Efficiency and Energy Expenditure in Kayak Ergometer Exercise. *Int. J. Sports Med*. 2012; 33: 654-660.
50. Reis VM. Gasto energético, custo energético aeróbio e custo energético anaeróbio. *Rev. Bras. Cineantropom. Desempenho Hum*. 2011; 13(6): 484-487.
51. Lácour J-R e Bourdin M. Factors affecting the energy cost of level running at submaximal speed. *Eur. J. Appl. Physiol*. 2015.
52. Barnes KR. e Kilding AE. Running economy: measurement, norms, and determining factors. *Sports Med*. 2015; 1-15.
53. Kleiner SM. Water: An Essential But Overlooked Nutrient. *J. Am. Diet Assoc*. 1999; 99(2): 200-206.
54. Betts J, Desaix P, Johnson E, Johnson J, Korol O, Kruse D et al. *Anatomy & physiology*. 1ª Edição. Connexions: Rice University; 2013.
55. Kavouras SA. Assessing hydration status. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care*. 2002; 5: 519-524.
56. Armstrong LE, Soto JA, Hacker FT, Casa DJ, Kavouras SA e Maresh CM. Urinary Indices During Dehydration, Exercise, and Rehydration. *Int. J. Sport Nutr. Exerc*. 1998; 8: 345-355.
57. Shirrefs SM. Markers of hydration status. *Eur. J. Clin. Nutr*. 2003; 57(2): S6-S9.
58. Maughan R. Fluid Balance and Exercise. *Int. J. Sports Med*. 1992; 13: S132-S135.
59. Weinberg AD e Minaker KL. Dehydration: Evaluation and Management in Older Adults. *JAMA*. 1995; 274(19): 1552-1556.
60. McDermott BP, Anderson SA, Armstrong LE, Casa DJ, Cheuvront SN, Cooper L, et al. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Fluid Replacement for the Physically Active. *J. Athl. Train*. 2017; **52**: 877-895.
61. Judelson DA, Maresh CM, Anderson JM, Armstrong LE, Casa DJ, Kraemer WJ et al. Hydration and Muscular Performance: Does Fluid Balance Affect Strength, Power and High-Intensity Endurance?. *Sports Med*. 2007; 37(10): 907-921.
62. Armstrong LE. Hydration Assessment Techniques. *Nutrition Reviews*. 2005; 63(6): S40-S54.

63. Casa DJ, Stearns RL, Lopez RM, Ganio MS, McDermott BP, Yeargin SW et al. Influence of Hydration in Physiological Function and Performance During Trail Running in the Heat. *J. Athl. Train.* 2010; **45(2)**: 147-156.
64. González-Alonso J, Crandall CG e Johnson JM. The cardiovascular challenge of exercising in the heat. *J. Physiol.* 2008; 44-53.
65. Leão RM. Fisiologia Renal: Controle do volume e osmolaridade. FMRP-USP.
66. Armstrong LE, Maresh CM, Castellani JW, Bergeron MF, Kenefick RW, LaGasse KE et al. Urinary Indices of Hydration Status. *Int. J. Sport Nutr.* 1994; 4: 265-279.
67. Brunzel N. Fundamentals of urine & body fluid analysis. 3ª Edição. Minneapolis, Minnesota: Elsevier Saunders; 2013.
68. Billet HH. Hemoglobin and Hematocrit. *Laboratory.* 1990; 718-719.
69. Lee JK, Shirreffs SM e Maughan RJ. Cold Drink Ingestion Improves Exercise Endurance Capacity in the Heat. *ACSM.* 2008; 1637-1644.
70. Russomanno T. Análise da Amplitude de Passada e do Tempo de Contacto em Corredores Amadores. Paper de conferência. 2017; 1-1.
71. Nilsson J e Thorstensson A. Adaptability in frequency and amplitude of leg movements during human locomotion at different speeds. *Acta Physiol. Scand.* 1987; 129: 107-114.
72. Armstrong N e Welsman J. *Young People and Physical Activity.* New York: Oxford University Press Inc.; 1997.
73. Dourado AC. *Revista Brasileira de Prescrição do Exercício.* 2013; 161-166.
74. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription.* 7ª Edição. American College of Sports Medicine. Indianapolis. 2006; 289.
75. Gonçalves F e Mourão P. A Avaliação da Composição Corporal – a medição das pregas adiposas como técnica para a avaliação da composição corporal. *Revista de Desporto e Saúde.* 4(4): 13-21.
76. Hicks VL, Stolarczyk LM, Heyward VH e Baumgartner RN. Validation of near-infrared interactance and skinfold methods for estimating body composition of American Indian women. *J. ACSM.* 2000; 531-539.
77. Campos EZ, Castoldi RC, Fernandes RA e Júnior IF. Comparison among different methods for the estimation of body fatness in Brazilian elite cyclists. *Rev. Educ. Fis.* 2012; 23(3): 355-360.
78. Heyward VH. Evaluation of Body Composition. *Sports Med.* 1996; 22: 146-156.
79. McCrory MA, Gomez TD, Bernauer EM, Moli PA. Evaluation of a new air displacement plethysmograph for measuring human body composition. *J. ACSM.* 1995; 1686-1691.

80. Newell J, Higgins D, Madden N, Cruickshank J, Einbeck J, McMillan K et al. Software for calculation blood lactate endurance markers. *Journal of Sports Sciences*. 2001; 25(12): 1403-1409.
81. White WB, Berson AS, Robbins C, Jamieson MJ, Prisant LM, Roccella E et al. National Standard for Measurement of Resting and Ambulatory Blood Pressures with automated sphygmomanometer. *Hypertension*. 1993; 21(4): 504-509.
82. Shirrefs SM e Maughan RJ. Urine osmolality and conductivity as indices of hydration status in athletes in the heat. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 1998; 30(11): 1598-1602.
83. Hew-Butler TD, Eskin C, Bickman J, Rusnak M e VanderMeuler M. Dehydration is how you define it: comparison of 318 blood and urine athlete spot checks. *BMJ Open Sport and Exercise Medicine*. 2018; 4:1-7.
84. Brandon CA. Urine specific gravity measurement: reagent strips versus refractometer. *J. Am. Soc. Med. Technol.* 1994; 7(5): 308-310.
85. Casa DJ, Armstrong LE, Hillman SK, Montain SJ, Reiff RV, Rich BS et al. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Fluid Replacement to Athletes. *J. Athl. Train.* 2000; 35(2): 212-224.
86. Dill DB e Costill DL. Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration. *J. Appl. Physiol.* 1974; 37(2): 247-248.
87. Borges GF, Rama LM e Teixeira AM. Equações para estimar o volume do plasma: um breve relato histórico e considerações sobre a utilização destas em estudos sobre exercício físico. *Brasília Med.* 2011; 48(4): 395-402.
88. Pearson TC e Guthrie DL. Trapped Plasma in the Microhematocrit. *Am. J. Clin. Pathol.* 1982; 78(5): 770-772.
89. Hematocrit/HTC and calculated Hemoglobin/HB. *Abbott Point of Care*. 2016; 1-6.
90. Diaw M, Samb A, Diop S, Sall ND, Ba A, Cissé F et al. Effects of hydration and water deprivation on blood viscosity during a soccer game in sickle cell trait carriers. *Br. J. Sports Med.* 2014; 48: 326-331.
91. Costill DL, Kovaleski J, Potter D, Kirwan J, Fielding R e King D. Energy Expenditure During Front Crawl Swimming: Predicting Success in Middle-Distance Events. *Int. J. Sports Med.* 1985; 6(5): 266-270.
92. Hoogkamer W, Kipp S, Frank JH. A comparison of the Energetic Cost of Running in Marathon Racing Shoes. *Sports Med.* 2018; 48: 1009-1019.
93. Rating of Perceived Exertion (RPE). *J. Physiol.* 2012; 58: 62.

94. Day ML, McGuigan MR, Brice G e Foster C. Monitoring Exercise Intensity During Resistance Training Using the Session Scale. *J. Strength Cond. Res.* 2004; 18(2): 353-358.
95. Stehlik-Barry K e Babinec AJ. *Data Analysis with IBM SPSS Statistics*. Packt; 2017.
96. Nayak MB e Hazra A. How to choose the right statistical test?. *Indian J Ophthalmol.* 2011; 59(2): 85-86.
97. Kamon E e Belding Hs. Heart rate and rectal temperature relationships during work in hot humid environments. *J. Appl. Physiol.* 1971; 31(3): 472-477.
98. Dimri GP, Malhotra MS, Sem GJ, Kumar TS e Arora BS. Alterations in aerobic-anaerobic proportions of metabolism during work in heat. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 1980; 45(1): 43-50.
99. Maughan RJ, Otani H e Watson P. Influence of relative humidity on prolonged exercise capacity in a warm environment. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2012; 112: 2313-2321.
100. Niwa K-I e Nakayama T. Thermoregulation during exercise in high humidity environments. *J. Physical Fitness Japan.* 1978; 27: 11-18.
101. Nadel ER, Pandolf KB, Roberts, MF e Stolwijk JA. Mechanisms of thermal acclimation to exercise and heat. *J. Appl. Physiol.* 1974; 37(4): 515-520.
102. Senay LC, Mitchell D e Wyndham CH. Acclimatization in a hot, humid environment: body fluid adjustments. *J. Appl. Physiol.* 1976; 40(5): 786-796.
103. Gollan S, Chalmers S, Alderton S e Norton K. Supplemental intermittent-day heat training and the lactate threshold. *J. Therm. Biol.* 2017; 65: 16-20.

## APÊNDICES E ANEXOS

## Anexo 1

### Termo de Consentimento Livre

Está a ser convidado a participar na pesquisa «*Resposta dos indicadores fisiológicos e eficiência energética ao esforço no processo de aclimação*», tendo como responsável pelo projeto Andreia Sofia Dimas Mendes e como supervisores e orientadores o Professor Doutor Amândio Manuel Cúpidio Santos e a Professora Doutora Beatriz Branquinho Gomes. A pesquisa é desenvolvida no âmbito do Mestrado em Biocinética da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física como forma de obtenção do título de Mestre em Biocinética.

A presente investigação tem como objetivo avaliar o comportamento das variáveis fisiológicas e marcadores de eficiência energética perante diferentes condições de humidade e temperatura, sempre num esforço máximo, dando ênfase ao processo de desidratação, uma vez que a grande maioria das respostas fisiológicas dependem do nível de hidratação do indivíduo. Posteriormente à avaliação, será desenvolvido um protocolo de aclimação que visa diminuir a intensidade da agressão causada pelo esforço em condições climáticas extremas. Para tal, o estudo irá contar com a realização de seis testes de limiar anaeróbio (três em condições de Tóquio e três em condições de Lisboa) e 14 dias de protocolo que visa a aclimação dos atletas às condições extremas de performance. Como desconforto o participante poderá contar com um nível de desidratação e acumulação de lactato acima dos valores habituais, contudo não existem riscos previsíveis para a realização destes testes, contando que os mesmos coloquem em prática o aconselhamento dado.

O presente estudo conta com benefícios a retirar, tais como a observação das respostas fisiológicas do atleta a um esforço máximo e a reflexão de como as respostas obtidas podem ser reguladas e maximizadas, visando a performance, controlando intensidades de esforço. Deste modo, existem benefícios para dois grupos de atletas sendo eles, a amostra e os atletas de elite portugueses que podem retirar algumas conclusões do estudo para proveito próprio como forma de melhorar a sua performance aquando a competição olímpica. Não existe outro método para a obtenção das variáveis de esforço a serem estudadas.

O acompanhamento e assistência ao participante são realizados, de forma permanente, durante a participação nos testes, sendo a responsável do projeto a realizar o devido acompanhamento e contactos com os participantes. É de notar que estarão disponíveis quaisquer tipos de esclarecimentos antes, durante e após a realização da pesquisa.

O participante tem plenos direitos para recusar a sua participação em qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer penalidade ou prejuízo para o mesmo ou para a pesquisa, não desenvolvendo represálias de qualquer natureza.

Pede-se ao participante que não ingira quaisquer tipos de bebidas alcoólicas nas 48h que antecedem os testes, assim como cafeína nas 8h antes. A realização de exercícios de intensidade alta também não é recomendada nas 48h que antecedem o teste. Idealmente, o atleta deverá realizar a sua rotina pré competitiva nos dias que antecedem os testes laboratoriais, considerando as suas horas de repouso e a ingestão de 200ml de água nas 2h antes do teste.

O tratamento de dados será realizado de forma confidencial evitando provocar prejuízos ao participante, ocorrendo apenas a partilha de dados e conclusões com o mesmo de forma anónima.

Não haverá nenhuma forma de reembolso de dinheiro, já que com a participação na pesquisa não terá nenhum gasto.

Será entregue ao participante uma via do Termo de Consentimento Livre.

Em caso de contacto, reclamação ou denúncia encontram-se, no final da página, referenciados os contactos para o devido efeito.

Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física FCDEF-UC, Gabinete de Planeamento, Projetos e Atividades; Estádio Universitário de Coimbra, 3040-256 - Coimbra, Portugal - Contacto: (+351) 239 802 770 / Fax: (+ 351) 239 802779 E-mail: [financeiros@fcdef.uc.pt](mailto:financeiros@fcdef.uc.pt) / homepage: <https://www.uc.pt/fcdef/servicos/GPPA>

Andreia Sofia Dimas Mendes

Contacto: (+351) 967736898 / E-mail: [andreiasdmendes95@gmail.com](mailto:andreiasdmendes95@gmail.com)

X

\_\_\_\_\_  
Andreia Sofia Dimas Mendes  
A responsável pelo projeto,

X

\_\_\_\_\_  
Prof. Doutor Amândio Manuel Cupido Santos  
O coordenador do projeto,

X

\_\_\_\_\_  
Prof. Doutora Beatriz Branquinho Gomes  
A co-orientadora do projeto,

X

\_\_\_\_\_  
(Nome do atleta participante)  
O participante na investigação

## Anexo 2

TESTE – \_\_\_\_\_

Dia do teste: \_\_\_/\_\_\_/2019

Nome: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_ anos

Data de nascimento: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Anos de experiência: \_\_\_\_ anos

Estatura: \_\_\_\_ cm

FC repouso: \_\_\_\_ bpm

FC máxima: \_\_\_\_ bpm

Temperatura: \_\_\_\_ °

Humidade: \_\_\_\_ %

Peso inicial: \_\_\_\_ kg

Peso final: \_\_\_\_ kg

Líquido ingerido: \_\_\_\_ kg

Temperatura urina inicial: \_\_\_\_ °C

Temperatura urina final: \_\_\_\_ °C

VO2máx: \_\_\_\_\_ ml/kg/min

### PROTOCOLO DO TESTE:

Velocidade	FC (bpm)	LACTATO (mmol)	PA sistólica	PA diastólica	Escala de Borg	VO2	Tempo	R	VE	WBGT
Inicial		_____								—
10Km/h										
12 Km/h										—
13 Km/h										—
14 Km/h										—
15 Km/h										—
16 Km/h										—
17 Km/h										—
18 Km/h										
19 Km/h										
5' após o esforço		_____								—

<u>Hematócrito</u>	<u>PRÉ</u>		<u>PÓS</u>	
	<i>Tube 1</i>	<i>Tube 2</i>	<i>Tube 1</i>	<i>Tube 2</i>
<i>Eritrócitos</i>				
<i>Sangue total</i>				
<u>Hemoglobina</u>	<u>PRÉ</u>		<u>PÓS</u>	
	%	g/dL	%	g/dL

	<u>PRÉ</u>				<u>PÓS</u>			
	<i>Osmolaridade</i>		<i>Densidade</i>		<i>Osmolaridade</i>		<i>Densidade</i>	
	<u>°C</u>	<u>°C</u>	<u>°C</u>	<u>°C</u>	<u>°C</u>	<u>°C</u>	<u>°C</u>	
<u>Escala de cor urina</u>								

Peso recipiente (vazio): \_\_\_\_\_ kg

Peso do líquido inicial (água): \_\_\_\_\_ kg

Peso do líquido final (água): \_\_\_\_\_ kg

### Anexo 3

**Protocolo de Aclimação:**

A1 – Nome do atleta participante

<b>Data:</b>	<b>Tempo:</b>	<b>Frequência cardíaca:</b>	<b>WBGT</b>
	30'		
	30'		
	60'		
	30'		
	60'		
	90'		
	30'		
	60'		
	90'		
	30'		
	60'		
	90'		
	30'		
	60'		
	90'		

## Anexo 4

		LISBOA (21°C/55%)									TÓQUIO (34°C/55%)								
		10 km/h	12 km/h	13 km/h	14 km/h	15 km/h	16 km/h	17 km/h	18 km/h	19 km/h	10 km/h	12 km/h	13 km/h	14 km/h	15 km/h	16 km/h	17 km/h	18 km/h	19 km/h
P R É - A C L	A1	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x			
	A2	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x			
	A3	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	
	A4	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		
	A5	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		
	A6	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		
	A7	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		
	A8	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		
	TOTAL	n=8	n=8	n=8	n=8	n=8	n=8	n=6	n=4	n=0	n=8	n=8	n=8	n=8	n=8	n=8	n=4	n=1	n=0

		TÓQUIO (34°C/55%)					
		1ª SESSÃO	2ª SESSÃO	3ª SESSÃO	4ª SESSÃO	5ª SESSÃO	6ª SESSÃO
A C L	A1	x	x	x	x	x	x
	A2	x	x	x	x	x	x
	A3	x	x	x	x	x	x
	A4	x	x	x	x	x	x
	A5	x	x	x	x	x	x
	A6	x	x	x	x	x	x
	A7	x	x	x	x	x	x
	A8	x	x	x	x	x	x
	TOTAL	n=8	n=8	n=8	n=8	n=8	n=8

		LISBOA (21°C/55%)									TÓQUIO (34°C/55%)								
		10 km/h	12 km/h	13 km/h	14 km/h	15 km/h	16 km/h	17 km/h	18 km/h	19 km/h	10 km/h	12 km/h	13 km/h	14 km/h	15 km/h	16 km/h	17 km/h	18 km/h	19 km/h
P Ó S - A C L	A1	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x			
	A2	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		
	A3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	A4	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		
	A5	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		
	A6	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		
	A7	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
	A8	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		
	TOTAL	n=8	n=8	n=8	n=8	n=8	n=8	n=6	n=4	n=2	n=8	n=8	n=8	n=8	n=8	n=8	n=5	n=1	n=0

## PRÉ-ACL TÓQUIO vs PÓS-ACL TÓQUIO

Velocidade km/h	FC	[LA]	PAS	PAD	VO <sub>2</sub>	VE	% Des.	ΔVP
	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.
10	0,105	0,012*	0,030*	0,293	0,674	0,889	0,624	0,401
12	0,089	0,779	0,050*	0,248	0,208	0,484		
13	0,261	0,833	0,123	0,080	0,036*	0,889		
14	0,025*	0,575	0,208	0,123	0,069	0,674		
15	0,027*	0,779	0,176	0,123	0,889	0,401		
16	0,350	0,779	0,263	0,122	0,401	0,263		
	QR	RPE	% Ae	% Ana	Ciclo/segundo	Amplitude média passada	2 mmol/L	4 mmol/L
	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.
10	0,798	0,102	-	-	0 484	0,323	0,484	0,624
12	0,068	0,066	0,123	0,123	0 326	0,326		
13	0,323	0,023*	0,674	0,674	0 327	0,291		
14	0,865	0,046*	0,161	0,161	0,206	0,205		
15	0,343	0,046*	0,283	0,283	0,161	0,326		
16	1,000	0,564	0,674	0,674	0,263	0,526		