

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

SAMUEL CESAR DOS SANTOS FERREIRA

**ALTERAÇÕES NO EQUILÍBRIO ÁCIDO-BÁSICO E LACTACIDEMIA EM
CORREDORES MASCULINOS DE ULTRAMARATONA DE MONTANHA
DURANTE UMA PROVA DE 45 KM**

CURITIBA

2022

SAMUEL CESAR DOS SANTOS FERREIRA

**ALTERAÇÕES NO EQUILÍBRIO ÁCIDO-BÁSICO E LACTACIDEMIA EM
CORREDORES MASCULINOS DE ULTRAMARATONA DE MONTANHA
DURANTE UMA PROVA DE 45 KM**

**CHANGES IN ACID-BASE BALANCE AND LACTACIDEMIA IN MALE MOUNTAIN
ULTRAMARATHON RUNNERS DURING A 45 KM RACE**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Educação Física no Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador: Prof. Dr. Julio Cesar Bassan

CURITIBA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Curitiba



SAMUEL CESAR DOS SANTOS FERREIRA

ALTERAÇÕES NO EQUILÍBRIO ACIDOBÁSICO E LACTACIDEMIA EM CORREDORES MASCULINOS DE ULTRAMARATONA DE MONTANHA DURANTE UMA PROVA DE 45 KM

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Educação Física no Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 24 de Junho de 2022

Dr. Julio Cesar Bassan, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Elto Legnani, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Zair Candido De Oliveira Netto, Doutorado - Universidade Positivo (Up)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 21/07/2022.

Este trabalho dedico a todos que no decorrer de minha vida apoiaram e acreditaram que eu poderia chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Não poderia deixar de agradecer por ter chegado até aqui. O sentimento é de pura gratidão, pela vida, pelas pessoas, por experiências e aprendizados.

Obrigado pelas oportunidades de estudo, trabalho, conquistas, e evolução que se abrem diante de mim diariamente.

Obrigado a minha família, ao meu querido irmão Marco Antonio e aos meus falecidos pais, aos amigos e a todas as pessoas que cruzaram e ainda cruzarão meu caminho nesta vida. Porque assim desenvolvo força e coragem para seguir sempre em frente.

Sou grato ao meu orientador e amigo Julio Cesar Bassan, e também ao amigo e professor Marcelo Romanovitch Ribas por acreditarem em mim e apoiarem na realização deste Mestrado. Agradeço ao meu amigo de longos anos professor Marcos Ruiz da Silva, por ter me apoiado e incentivado a resgatar a minha construção acadêmica.

Obrigado aos pesquisadores e amigos do grupo de pesquisa orientado pelo Prof. Dr. Julio Cesar Bassan, pela disponibilidade do banco de dados coletado na prova Ultramaratona do Morro dos Perdidos *Skymarathon*® de 2017, que possibilitou a realização deste trabalho.

Gratidão a Deus por tudo em minha vida!

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo analisar as alterações no equilíbrio ácido-básico e lactacidemia em corredores masculinos de ultramaratona de montanha durante uma prova de 45 km. Foram analisados os parâmetros de 40 corredores com média de idade de $38,3 \pm 6,9$ anos. As análises sanguíneas foram realizadas pelo equipamento de Gasometria GEM Premier 3000, e os seguintes parâmetros foram avaliados: pH, HCO_3^- , pCO_2 , pO_2 e Lac^- . Para comparar as alterações no equilíbrio acidobásico e lactacidemia pré-prova e pós-prova foi realizado o teste t amostras pareadas, adotando como nível de significância $p < 0,05$. A análise mostrou valores para Lac^- na condição pré-prova de $1,95 \pm 0,62$ mmol/L e pós-prova $2,73 \pm 0,89$ mmol/L. A análise dos gases, os resultados do pH na condição pré-prova para o pós-prova mostrou valores de $7,42 \pm 0,02$ e $7,42 \pm 0,03$ ($p = 0,723$). O HCO_3^- pré-prova foi de $26,47 \pm 1,64$ mmol/L e para o pós-prova de $21,81 \pm 2,42$ mmol/L, a pCO_2 pré-prova foi de $40,77 \pm 2,55$ mm/Hg e o pós-prova de $33,65 \pm 2,78$ mm/Hg ($p < 0,0001$) e a pO_2 pré-prova foi de $65,45 \pm 4,30$ mm/Hg e a pós-prova de $65,82 \pm 6,30$ mm/Hg ($p = 0,747$). A realização de exercícios prolongados durante a prática de corridas de ultramaratona desencadeia inúmeras alterações no organismo. Os dados apresentaram, neste estudo, a diminuição progressiva da pCO_2 , ocasionando um aumento progressivo de uma alcalose hipocapnica provocada pela hiperventilação e pelo aumento da utilização de substratos na oxidação de gordura. O lactato se mostrou abaixo do ponto de acumulação do lactato sanguíneo, indicando que o metabólito foi utilizado como fonte de energia pela musculatura esquelética durante a prova.

Palavras-chave: desequilíbrio ácido-base; corrida de maratona; lactacidemia; gasometria; atletas.

ABSTRACT

The present study aimed to analyze changes in acid-base balance and lactacidemia in male mountain ultramarathon runners during a 45 km race. The parameters of 40 runners with a mean age of 38.3 ± 6.9 years were analyzed. Blood analyzes were performed using the GEM Premier 3000 Gasometry equipment, and the following parameters were evaluated: pH, HCO_3^- , pCO_2 , pO_2 and Lac^- . To compare the changes in the acid-base balance and lactacidemia pre-test and post-test, the paired samples t test was performed, adopting the significance level of $p < 0.05$. The analysis showed values for Lac^- in the pre-test condition of 1.95 ± 0.62 mmol/L and post-test 2.73 ± 0.89 mmol/L. The analysis of gases, the pH results in the pre-test condition for the post-test showed values of 7.42 ± 0.02 and 7.42 ± 0.03 ($p = 0.723$). The HCO_3^- pre-test was 26.47 ± 1.64 mmol/L and for the post-test of 21.81 ± 2.42 mmol/L, the pre-test pCO_2 was 40.77 ± 2.55 mm/Hg and post-test -test of 33.65 ± 2.78 mm/Hg ($p < 0.0001$) and pre-test pO_2 65.45 ± 4.30 mm/Hg and the post-test 65.82 ± 6.30 mm/Hg ($p = 0.747$). The performance of prolonged exercise during the practice ultramarathon races triggers numerous changes in the body. In this study, the data showed a progressive decrease in pCO_2 , causing a progressive increase in hypocapnic alkalosis caused by hyperventilation and by the increased use of substrates in fat oxidation. Lactate was below the blood lactate accumulation point, indicating that the metabolite was used as a source of energy by the skeletal muscles during the test.

Keywords: acid-base imbalance; marathon running; lactacidemia; gasometry; athletes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 - Valores de normalidade da gasometria arterial e venosa	20
Figura 1 - Interpretação da gasometria sanguínea	23
Figura 2 - Diagrama de Davenport	25
Figura 3 - Altimetria da ultramaratona do Morro dos Perdidos Skymarathon® de 2017.....	26
Figura 4 - Distribuição da frequência das idades dos corredores masculinos participantes da prova de 45 km.....	29
Quadro 2 - Coletas pré-prova e pós-prova.....	31
Figura 5 - Distribuição da frequência dos tempos de prova dos corredores masculinos participantes da prova de 45 km	32
Figura 6 - Comportamento da alteração do Lac⁻ (n=40) pré e pós dos corredores masculinos participantes da prova de 45 km	36
Figura 7 - Comportamento da Média e DP no pré-prova e pós-prova do distúrbio ácido-básico e lactato, dos corredores masculinos participantes da prova de 45 km.....	37
Figura 8 - Comportamento das alterações do distúrbio ácido-básico (n=40) pré e pós dos corredores masculinos participantes da prova de 45 km.....	38
Figura 9 - Correlação do tempo de conclusão da prova e o Lac⁻	41
Figura 10 - Correlação do tempo de conclusão da prova e o pH	42
Figura 11 - Correlação do tempo de conclusão da prova e o HCO₃⁻.....	42
Figura 12 - Correlação do tempo de conclusão da prova e a pCO₂.....	43
Figura 13 - Correlação do tempo de conclusão da prova e a pO₂.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comportamento do Lac^- pré-prova e pós-prova dos corredores masculinos participantes da prova de 45 km	36
Tabela 2 - Comportamento das alterações do distúrbio ácido-básico dos corredores masculino participantes da prova de 45 km	37
Tabela 3 - Comportamento das alterações do distúrbio ácido-básico e lactato dos 40 corredores de montanha conforme a mediana do tempo de conclusão da prova de 45 km.....	39
Tabela 4 - Comportamento das alterações do distúrbio ácido-básico e lactato dos corredores de montanha conforme o menor e maior tempo de conclusão da prova de 45 km.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.C.	antes de Cristo
ATP	Adenosina trifosfato
BE	Excesso de base
DP	Desvio Padrão
EAB	Equilíbrio ácido-básico
IQR	Intervalos interquartis
MCT1	Transportador de monocarboxilato 1
MCT4	Transportador de monocarboxilato 4
NADH	Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo
OBLA	Ponto de acumulação do lactato sanguíneo
TCLE	Termo de consentimento livre e esclarecido
VT1	Primeiro limiar ventilatório

LISTA DE SÍMBOLOS

Ca^{2+}	Íon Cálcio
CO_2	Gás Carbônico
H^+	Íons de hidrogênio
HCO_3^-	Bicarbonato
H_2O	Água
K^+	Íon Potássio
Lac^-	Lactato
mg/dL	miligramas por decilitros
mEq	miliequivalente
mmHg	milímetros de mercúrio
mmol/L	milimol por litro
Na^+	Íon Sódio
pCO_2	Pressão parcial de dióxido de carbono
pH	Indicador ácido-base
pO_2	Pressão parcial de Oxigênio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativa.....	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo geral	17
2.2	Objetivos específicos.....	17
3	REVISÃO DA LITERATURA	18
3.1	Demanda fisiológica da corrida de ultramaratona de montanha.....	18
3.2	Equilíbrio ácido-básico	19
4	METODOLOGIA	27
4.1	Análise secundária.....	27
4.2	Delineamento do tipo de pesquisa.....	29
4.3	Amostra.....	29
4.4	Procedimentos e instrumentos	30
4.4.1	Desenho da coleta de dados	31
4.4.2	Coleta de sangue	32
4.5	Seleção dos participantes e termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE)	33
4.6	CrITÉRIOS de inclusão e exclusão	33
4.6.1	Fatores de inclusão	33
4.6.2	Fatores de exclusão	33
4.7	Riscos e benefícios	34
4.7.1	Riscos	34
4.7.2	Benefícios	34
4.8	Monitoramento e segurança dos dados	34
4.9	Avaliação dos dados	34
5	RESULTADOS	36
6	DISCUSSÃO	44
7	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS	50
	ANEXOS	57
	APÊNDICE A – Termo de consentimento livre e esclarecido	57
	APÊNDICE B – Parecer consubstanciado do CEP	57

1 INTRODUÇÃO

A corrida teve sua origem na pré-história. Correr era estratégia de sobrevivência quando os homens precisavam se movimentar rapidamente para caçar ou fugir de seus predadores. Quando o homem pré-histórico deixou de ser nômade passou a se fixar em lugares próprios, e a partir das práticas agrícolas iniciaram-se os hábitos sedentários. Já nos dias atuais, a modernização e os avanços tecnológicos têm conduzido o homem a um comportamento cada vez mais urbanizado e sedentário.

A corrida é um ato natural importante e que tem contribuído para a sobrevivência e as adaptações da espécie humana (BRAMBLE; DENNIS; LIEBERMAN, 2004). Para Mei-dan e Carmont (2013), ter a capacidade de correr de maneira rápida, por curtas ou longas distâncias, por aclives e declives, fugindo, caçando, lutando ou levando uma mensagem, pelos mais diferentes tipos de terrenos, sem qualquer instrumento, foi a destreza determinante para a humanidade subsistir.

Os diversos tipos de corridas têm se tornado bem populares, Rezende, Santos e de Souza (2016) descrevem que por causa da modernização o homem deixou de utilizar a habilidade de correr e ficou longe da natureza. A busca por aventuras na natureza, como a corrida de ultramaratona de montanha é crescente, e um grande número de pessoas busca esse gênero de aventura, tanto amadores quanto atletas recreativos.

Historicamente, a corrida mais famosa teria sido a que deu origem à prova conhecida como Maratona (SEKUNDA, 2010). Ultramaratona é qualquer corrida a pé com distância superior à de uma maratona. As corridas de ultramaratona oferecem desafios únicos em comparação com uma maratona, esses desafios exigem que o atleta se concentre em fatores como distância da corrida, etapas da corrida, ambiente da corrida, como temperatura, umidade e altitude, treinamento adequado, preparação nutricional e equipamentos (KRABAK; WAITE; LIPMAN, 2013).

Competições de longa distância, particularmente corridas de ultramaratonas, são eventos desafiadores, os quais afetam potencialmente várias funções fisiológicas (KNECHTLE; NIKOLAIDIS, 2018). Devido às particularidades dessa modalidade de corrida, percebe-se que esse estilo oferece inúmeros desafios fisiológicos, como alterações em padrões bioquímicos e danos musculares (KIM; LEE; KIM, 2007; DEL COSO *et al.*, 2013).

A demanda física imposta durante as corridas de ultramaratona induz inúmeras alterações metabólicas, provocando micro-lesões nos músculos e em outros tecidos, que por sua vez prejudicam as estruturas musculares e cartilaginosas, aumentando a incidência de condições degenerativas (RAMOS-CAMPO *et al.*, 2016).

A corrida em montanha é uma modalidade oriunda do atletismo tradicional, classificada como uma corrida de ultra resistência e disputada em percursos quase todos fora da estrada (COICEIRO; COSTA, 2010).

Waskiewicz *et al.* (2012) relatam que vários estudos focam nas respostas metabólicas induzidas durante eventos de ultra resistência e pouca atenção é dedicada à hemostasia e à homeostase (H^+) durante o exercício de *endurance* realizado sob condições competitivas no campo.

A acidificação muscular é um dos principais fatores causadores de fadiga durante o exercício, comprometendo assim o desempenho (OLIVOTO *et al.*, 2020). Acredita-se que os suplementos esportivos e o bicarbonato de sódio (HCO_3^-) aumentam os efeitos dos sistemas tampão do corpo, reduzindo as concentrações de íons de hidrogênio (H^+) (GILSANZ *et al.*, 2021).

Analisar o perfil eletroquímico e as alterações no distúrbio ácido-básico indica ser de suma importância no propósito de melhorar o desempenho físico e entender o processo de fadiga de corredores de ultramaratona (HOLFELDER; BROWN; BUBECK, 2013).

A presente pesquisa tem como objetivo analisar as alterações no equilíbrio ácido-básico e lactacidemia em corredores masculinos de ultramaratona de montanha durante uma prova de 45 km.

1.1 Justificativa

No contexto mundial se observa que os esportes de aventura e de risco extremos têm sido uma opção cada vez mais popular (BLACK; SKIDMORE; BROWN, 2012; COICEIRO; COSTA, 2010).

Sob condições extremas, sejam elas exercidas por ambientes extremos e/ou por meio dos exercícios, o corpo humano é levado ao limite. Em competições como corrida de ultramaratona os limites do desempenho humano são testados quase ao extremo, de modo que os fisiologistas do exercício estão interessados em analisar os mecanismos fisiológicos dos esportes em que os corredores competem em longas distâncias (MRAKIC-SPOSTA *et al.*, 2015).

A popularidade das corridas de ultra resistência aumenta em todo o mundo, particularmente em eventos de ultramaratona (KNECHTLE, 2012). Estudos normalmente analisam respostas fisiológicas e fisiopatológicas em distâncias de corrida moderadas, como as meias maratonas (21,1 km) e as maratonas tradicionais (42,2 km) (TIAN *et al.*, 2011; TRAIPEM; GATTERER; BURTSCHER, 2013; SHIN *et al.*, 2016).

As ultramaratonas, que são corridas com distâncias maiores do que 42,2 km e incluem uma grande variedade de diferentes perfis de percurso e terrenos, raramente são estudadas (HOPPEL *et al.*, 2019). Já as corridas de montanha vêm conquistando novos adeptos ano a ano, dados estatísticos mostram que os números de corredores no mundo aumentam na faixa de 10 a 15% ao ano (REZENDE; SANTOS; DE SOUZA, 2016).

Os diferentes tipos de corridas representam uma excelente oportunidade para avaliar respostas adaptativas quando o atleta está sob cargas extremas e estresse (MILLET; MILLET, 2010; EICHENBERGER *et al.*, 2012).

As diferenças na distância percorrida e na intensidade da corrida de várias competições, como as meias maratonas, maratonas e ultramaratonas, podem afetar de forma diferente as respostas fisiológicas e desencadear distintos eventos patológicos em corredores adultos (JASTRZEBSKI *et al.*, 2016; SHIN *et al.*, 2016).

No entanto, pesquisas científicas voltadas à corrida em montanha e que tragam novas informações sobre as demandas e alterações fisiológicas deste estilo de corrida são escassas (FERNANDES, 2019).

Por meio de marcadores bioquímicos pode-se monitorar as respostas impostas

pelo volume e pela intensidade do exercício. Investigações das respostas de densidade de carga e de trabalho que interferem na recuperação do organismo dos atletas são insuficientes (DE FREITAS; MIRANDA; BARA FILHO, 2009).

Nesse contexto, analisar o perfil eletroquímico e as alterações no equilíbrio ácido-básico, ao que tudo indica, é de suma importância, com o propósito de melhorar o desempenho físico de um atleta (HOLFELDER; BROWN; BUBECK, 2013).

Assim sendo, desenvolveu-se a elaboração desta dissertação de mestrado, na qual foram analisadas as alterações no equilíbrio ácido-básico e do lactato e suas respostas em uma corrida de ultramaratona de montanha em corredores masculinos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Analisar as alterações no equilíbrio ácido-básico e lactacidemia em corredores masculinos de ultramaratona de montanha após uma prova de 45 km.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar e comparar o comportamento no marcador metabólito lactato (Lac^-) nos corredores no pré-prova e pós-prova;
- Analisar e comparar o comportamento de variáveis relacionadas ao distúrbio do equilíbrio ácido-básico nos corredores no pré-prova e pós-prova;
- Correlacionar o comportamento das variáveis relacionadas ao distúrbio do equilíbrio ácido-básico e lactato em relação ao tempo de prova nos corredores no pré-prova e pós-prova

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Demanda fisiológica da corrida de ultramaratona de montanha

Nas ultramaratonas de montanha os corredores percorrem a pé distâncias superiores às de uma maratona tradicional (de 42,2 a 350 km), com um ganho considerável cumulativo de elevação (até 25.000 m). As corridas de ultramaratona oferecem desafios únicos em comparação com uma maratona. Tais competições ocorrem em ambientes montanhosos que por muitas vezes são terrenos irregulares, apresentando aclives e declives (KRABAK; WAITE; LIPMAN, 2013; SAUGY *et al.*, 2013; FORNASIERO *et al.*, 2017).

Quanto às características ambientais das provas de ultramaratona, os corredores ficam durante as provas expostos a múltiplos estressores internos e externos, de exercícios e ambiente, incluindo possíveis oscilações amplas de temperatura e altitude, e quase sempre têm de suportar cargas de exercício extremas (MILLET; MILLET, 2012).

Vernillo *et al.* (2015) descrevem, em relação as cargas extremas de exercícios, que elas são realizadas por um trabalho concêntrico prolongado, devido à longa duração das provas, realizando um esforço contra a força da gravidade durante as subidas e um grande trabalho excêntrico durante as etapas de descida.

As competições de longa distância, particularmente corridas de ultramaratona, são eventos desafiadores, e que afetam potencialmente várias funções fisiológicas (KNECHTLE; NIKOLAIDIS, 2018). Devido às particularidades dessa modalidade de corrida, percebe-se que esse estilo oferece inúmeros desafios fisiológicos, como alterações em padrões bioquímicos e danos musculares (KIM *et al.*, 2007; DEL COSO *et al.*, 2013).

Investigar os efeitos fisiológicos agudos bem como as respostas adaptativas induzidas pelas corridas de ultramaratona em montanha, pode levar ao entendimento dos mecanismos que contribuem para a limitação do desempenho de resistência humana (ZANCHI *et al.*, 2017).

Fornasiero *et al.* (2017) descrevem em seu estudo que a maior parte de uma prova de 65 km é realizada na intensidade abaixo do primeiro limiar ventilatório (VT1), representando um limite tolerável para os corredores completarem a prova em um tempo maior do que 10 horas.

Nas corridas de longa duração é preciso que o atleta saiba dosar o ritmo e a

intensidade, na medida que o ritmo se intensifica, a concentração basal de lactato sanguínea 1,0 a 1,8 mmol/L passa a se alterar, ocorrendo assim uma transição metabólica entre o sistema aeróbio e anaeróbio, aumentando subitamente o lactato e da acidose metabólica (POSTERINO; DUTKA; LAMB, 2001).

Quando o lactato alcança 4,0 mmol/l, variando entre 3,0 a 5,5 mmol/l dependendo do indivíduo, chega-se ao limiar de lactato, em que o metabolismo energético, de acordo com a intensidade do exercício, suporta sem passar de aeróbico para anaeróbico. O limiar de lactato indica o nível de condicionamento físico, bem como é considerado como o melhor preditor de desempenho (FACEY; IRVING; DILWORTH, 2013).

O lactato é um dos principais metabólitos do corpo humano. Por ser produzido nos músculos é um intermediário metabólico que opera simultaneamente como produto terminal do metabolismo glicolítico e também como intermediário para completar a oxidação dos carboidratos pela fosforilação oxidativa (FERGUSON *et al.*, 2018)

É frequentemente usado como biomarcador sanguíneo de fadiga, portanto, o monitoramento contínuo do lactato é essencial durante o exercício, principalmente para atletas, para evitar a acidose celular devido ao desequilíbrio entre a produção de lactato e a depuração de lactato, que pode causar perturbação do desempenho muscular (RASSAEI *et al.*, 2014).

Quando há pouco oxigênio disponível, ou seja, em situação de anaerobiose, ocorre a fermentação láctica, em que moléculas de ácido pirúvico formadas na glicólise são reduzidas a lactato, originando assim 2 ATP. Conseqüentemente, o produto final da glicólise é o piruvato, que pode ser convertido a lactato na glicólise anaeróbia ou transportado para as mitocôndrias para ser oxidado pelo sistema aeróbio de produção de energia (GUYTON, HALL, 2011).

3.2 Equilíbrio ácido-básico

O íon H^+ é o elemento químico essencial para a formação de proteínas e de ácidos nucleicos, sendo fundamental para a sobrevivência dos seres vivos. O equilíbrio ácido-básico é fundamental para a manutenção da vida humana. Ele garante as condições ideais para o funcionamento celular, regulando a quantidade correta de

íons H^+ no meio intracelular e extracelular, exercendo um sutil equilíbrio químico entre ácidos e bases sanguíneos (MANHÃES; DA CRUZ, 2011).

A concentração de íons hidrogênio é expressa em unidades de pH. O pH dos líquidos corporais deve ser regulado para a manutenção da homeostasia. A regulação do pH dos líquidos corporais é importante, pois as alterações nas concentrações de íons hidrogênio podem alterar as velocidades das reações metabólicas controladas por enzimas e modificar numerosas funções corporais normais (SMITH; MARKS; LIEBERMAN, 2007; MOORE; KLAUS, 2012; POWERS; HOWLEY, 2014).

Um dos mecanismos relacionados à fadiga muscular é a acidose intramuscular, sendo avaliada pela concentração de íons H^+ , e isso é predominante para a produção de força e tensão muscular (ALLEN; LAMB; WESTERBLAD, 2008).

A acidose celular, na aplicação do treinamento, serve como indicação para determinar se o equilíbrio ácido-base (EAB) é natural ou não, e também para a avaliação do desempenho de resistência em atletas (SHAKHIH *et al.*, 2021).

O equilíbrio ácido-base, também denominado homeostase do pH, é uma das funções essenciais do corpo humano. A concentração de H^+ no corpo humano é precisamente regulada. As proteínas intracelulares, enzimas e canais de membrana, são extremamente sensíveis às alterações no pH (MOOREN; KLAUS, 2012).

O processo de aumento da concentração de H^+ no sangue é chamado acidose metabólica ($pH < 7,35$), e o processo de diminuição da concentração de H^+ é chamado alcalose ($pH > 7,45$) (MORRIS; LOW, 2008; HOPKINS; SHARMA, 2018).

A queda do pH, estado de acidose, favorece uma mudança na curva de dissociação do oxigênio-hemoglobina. Essas alterações do pH podem ser explicadas por uma requisição acentuada da via glicolítica (FRANCHINI, 2014).

Destaca-se que o diagnóstico das alterações do equilíbrio ácido-base é feito pela análise dos valores obtidos por meio da gasometria sanguínea. No quadro 1, são apresentados os parâmetros dos valores normais da gasometria arterial e venosa (RIELLA, 2003).

Quadro 1 – Valores de normalidade da gasometria arterial e venosa

Parâmetros	Arterial	Venoso
pH	7,35 – 7,45	0,05 unidade menor
pO ₂	80 – 100 mmHg	50% menor
pCO ₂	35 – 45 mmHg	6 mmHg maior
HCO ₃ ⁻	21 – 28 mEq/l	21 – 28 mEq/l
BE	-2 a + 3 mEq/l	-3,9 a + 1,0 mEq/l
Saturação O ₂	93,5 – 98,1%	65 – 85%

pH = indicador ácido-base; HCO₃⁻ = bicarbonato; pCO₂ = pressão parcial de dióxido de carbono; pO₂ = pressão parcial de oxigênio; BE = excesso de base.

Fonte: RIELLA (2003).

Os distúrbios ácido-base estão diretamente ligados aos distúrbios no equilíbrio de potássio (K⁺). Isso ocorre devido a um transportador renal que move os íons K⁺ e H⁺ por um antiporte. Em casos de acidose, os rins excretam H⁺ e reabsorvem K⁺. Na alcalose, o processo é invertido. O desequilíbrio no K⁺ se manifesta normalmente como distúrbios em tecidos excitáveis, sendo o principal o coração (FRANCHINI, 2014).

Os ácidos e bases são provenientes de diversas fontes, sendo o corpo humano desafiado por essa produção e ingestão de mais ácidos do que bases. Os íons H⁺ são provenientes de alimentos e do metabolismo interno. Sua manutenção requer que a produção e a ingestão sejam equilibradas por sua excreção, nesse caso, dependendo dos sistemas tampão, dos pulmões e dos rins (MASORO; SIEGEL, 1979).

Nessa base, a manutenção da concentração de H⁺ se torna importante para o metabolismo celular e para evitar disfunções recorrentes desse mecanismo. Os valores de normalidade do pH sanguíneo entre 6,9 e 7,4 (MASORO; SIEGEL 1979; SMITH; MARKS; LIEBERMAN, 2007; MOOREN; KLAUS, 2012; POWERS; HOWLEY, 2014) podem variar quando expostos a cargas ácidas resultantes da elevação da taxa metabólica ocorrida com a realização de exercícios físicos. Os valores podem chegar a níveis elevados durante exercícios de alta intensidade em anaeróbia (PLOWMAN; SMITH, 2010).

Os sistemas intracelulares e extracelulares são responsáveis pela normalização do pH, pequenas alterações na concentração dos íons hidrogênio

podem acarretar disfunções em estruturas e em suas funções biológicas (POWERS; HOWLEY, 2014).

Por meio de soluções tampão que resistem a alterações bruscas no pH, o equilíbrio do H^+ é mantido. Segundo Smith; Marks e Lieberman (2007), essa resistência depende de dois fatores: a concentração molar do ácido fraco e sua base conjugada, e a relação entre suas concentrações. E quanto mais soluções tampão, mais os íons H^+ e OH^- podem ser absorvidos sem grandes alterações.

Os ânions fosfatos e as proteínas são os principais tampões relacionados na manutenção do pH intracelular, bem como o transporte de íons hidrogênios (SMITH; MARKS; LIEBERMAN, 2007). Buscando a homeostase, os sistemas de equilíbrio do pH sanguíneo ocorrem por meio da ventilação pulmonar, dos tampões químicos no sangue e da função renal (WILMORE; COSTILL, 2013 *apud* FERREIRA, 2015).

Os tampões são os primeiros mecanismos acionados para o equilíbrio do pH, eles incluem íons fosfatos, proteínas e bicarbonato (HCO_3^-). Essa busca de equilíbrio ocorre nos pulmões e nos rins. As substâncias tampão são reguladores nas mudanças do pH, mas não evitam sua alteração, isso ocorre pela sua combinação com H^+ ou liberação de H^- (POWERS; HOWLEY, 2014).

As substâncias tampões são encontradas no interior das células e no plasma sanguíneo. O bicarbonato plasmático é produzido a partir do CO_2 metabólico, criando o sistema tampão extracelular mais importante do corpo. A lei de ações das massas é a forma mais útil de pensar sobre essas relações nas concentrações entre o H^+ , HCO e o CO_2 (WILMORE; COSTILL, 2013).

No sistema tampão do bicarbonato (HCO_3^-), a maior fonte de ácido metabólico é o gás CO_2 , que é produzido pela oxidação de substrato no ciclo de Krebs. O ácido carbônico é um ácido fraco que se dissocia parcialmente em H^+ e ânion de bicarbonato (HCO_3^-). Esse ácido é o principal produzido pelo corpo humano e atua também como próprio tampão (SMITH; MARKS; LIEBERMAN, 2007).

A capacidade de tamponamento depende também da concentração de ácido e bases conjugadas. Quanto maior a concentração de bases conjugadas, maior a quantidade de H^+ adicionado à equação. Quanto mais ácido conjugado, mais OH^- adicionado pode ser neutralizado por dissociação do ácido. A maioria dos ácidos orgânicos não tem grande importância no sistema de tamponamento nos fluidos

celulares, isso se deve a maior eficácia dos outros sistemas de tamponamento, mas é importante que eles sejam citados como mecanismo auxiliar (DEVLIN, 2011).

O bicarbonato de sódio atua como uma substância tampão dos íons hidrogênio durante o exercício. Estudos sugerem que sua utilização como suplemento promove uma maior capacidade de resistência ao aparecimento da fadiga, ocasionada pelo acúmulo de H^+ . Conseqüentemente, mantém o pH próximo aos valores de normalidade e a capacidade de ressíntese de adenosina trifosfato (ATP) (ARTIOLI *et al.*, 2009; AQUINO; NAVARRO; NAVARRO, 2009).

A manutenção da vida se dá por meio do equilíbrio ácido-básico (EAB). Por uma interpretação precisa e adequada de um distúrbio ácido-básico pode-se salvar uma vida, a realização de um diagnóstico correto pode ser um grande desafio. Para quantificar os transtornos ácido-básico utiliza-se a abordagem fisiológica, o excesso de base e a físico-química, e a abordagem conhecida como método Stewart (BEREND; DE VRIES; GANS, 2014).

Avaliando o estado ácido-básico do sangue, mostra-se os desvios do EAB e também são fornecidos dados sobre a função respiratória e o estado de perfusão de O_2 tecidual. Entretanto, para manter o EAB, o organismo precisa equilibrar a disposição da cota fixa de ácidos ingerida na dieta diária e o destino dado ao dióxido de carbono (CO_2) gerado como produto final do metabolismo (ÉVORA; GARCIA, 2008).

O sistema de tampão do ácido carbônico/bicarbonato procura explicar o EAB por meio de uma abordagem fisiológica. Esse sistema se fundamenta no princípio isohídrico (equilíbrio de todos os tampões do corpo), no qual os ácidos são caracterizados como doadores H^+ e as bases como aceitadores de H^+ . Uma mudança primária na pCO_2 causa uma resposta secundária “adaptativa” na concentração de HCO_3^- e vice-versa; outras mudanças no CO_2 ou HCO_3^- refletem mudanças adicionais no estado ácido-básico (BEREND; DE VRIES; GANS, 2014).

Hopkins e Sharma (2018) descrevem que a Lei Fisiológica do EAB estabelece que o organismo procura manter o pH sanguíneo em torno de um valor médio normal de 7,40. Esse equilíbrio é mantido a cargo dos tampões, pois quedas abruptas do pH desnaturaria enzimas provocando desequilíbrios na função celular (MAUGHAN, SHIRREFFS; LEIPER, 2007).

Algo importante na lei do EAB é a interação entre o potássio (K^+) e o H^+ em

relação ao meio intracelular e extracelular. Ocorre uma acidose, quando na tentativa de manter o pH sanguíneo dentro de uma normalidade, o potássio sai da célula com a entrada do H^+ , e ocorre ao contrário na alcalose, ou seja, a saída do H^+ e a entrada do K^+ para o compartimento intracelular (ÉVORA; GARCIA, 2008).

Por meio de uma avaliação é possível diagnosticar os desvios do componente respiratório (O_2 /oxigenação e pO_2 /ventilação) e do componente metabólico excesso de base (BE) e HCO_3^- . O corpo humano passa por quatro tipos principais de distúrbios baseados em ácido: acidose metabólica, alcalose metabólica, acidose respiratória e alcalose respiratória, conforme mostra a Figura 2. Ocorrendo uma dessas condições, o corpo humano deve estimular uma situação de condição oposta. Exemplificando, se uma pessoa está experimentando uma acidose metabólica, seu corpo tentará induzir uma alcalose respiratória para compensar (DAVENPORT, 1974).

Figura 1 – Interpretação da gasometria sanguínea

Desordem	pH	pCO_2	HCO_3^-
Acidose respiratória	↓	↑	Não alterado
Acidose metabólica	↓	Não alterado	↓
Alcalose respiratória	↑	↓	Não alterado
Alcalose metabólica	↑	Não alterado	↑

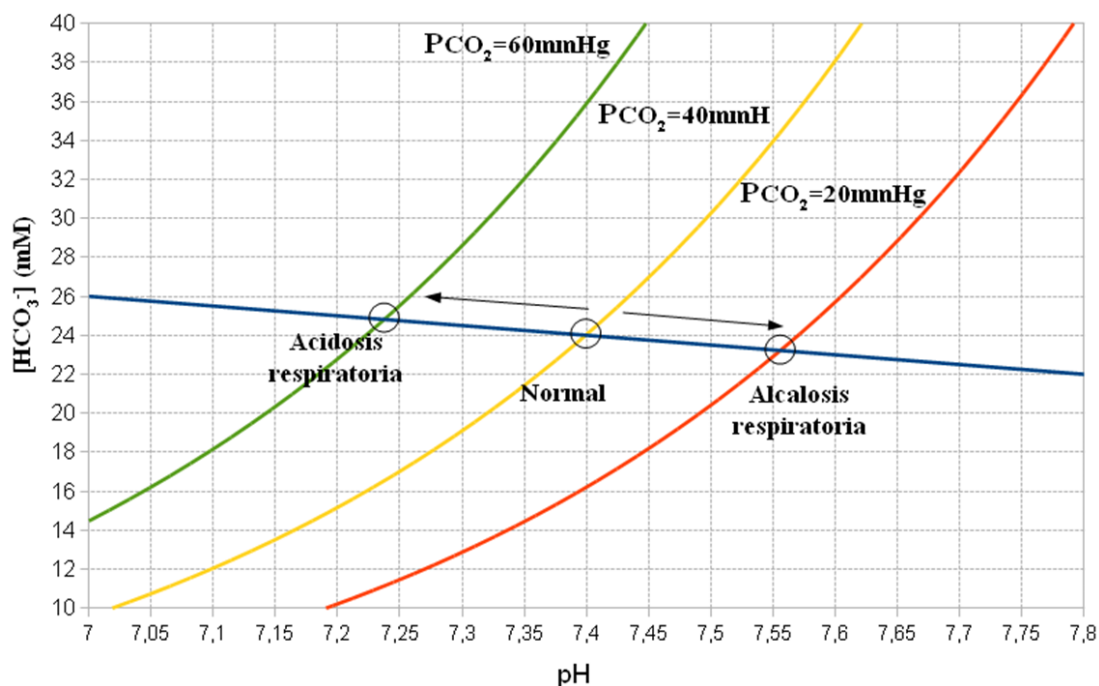
Fonte: www.kasvi.com.br (2020).

Uma das características mais importantes do diagrama de Davenport (Figura 3) é sua utilidade em representar o movimento de um ponto na superfície de equilíbrio para outro, seguindo as mudanças na respiração ou do metabolismo.

Fisiologicamente, a variação do pH pode ser interpretada por meio dos valores de pCO_2 , HCO_3^- e BE. Assim, um valor de pCO_2 superior a 45 mmHg está associado a ineficiências respiratórias e diminuição do pH em valores ácidos (MUELLER *et al.*,

2013).

Figura 2 – Diagrama de Davenport



Fonte Adaptado do diagrama de Davenport (1974).

Brown e Eilerman (2006) descrevem que uma pCO₂ abaixo de 35 mmHg está associado a uma hiperventilação e a um aumento do pH no estágio de alcalose. Já para Sánchez *et al.* (2015), o BE ou HCO₃⁻ associa-se a um valor de -2 mEq/l e <22 mEq/l, respectivamente, associado ao pH ácido. Um aumento no excesso de HCO₃⁻ e base superior a 2 mEq/l, e 22 mEq/l, está ligado a um pH alcalino.

Já Wick (2007) descreve que, ao mesmo tempo, o pH do sangue altera a ligação do Ca²⁺ às proteínas séricas. Na alcalose, uma quantidade aumentada de cálcio liga-se às proteínas plasmáticas, resultando em uma menor porcentagem de cálcio ionizado. Assim, um aumento do pH está associado a um valor diminuído de cálcio.

Em referência à prática de exercícios de maneira desorientada, podem levar a danos musculares que persistem por alguns dias, diminuindo a capacidade de desempenho em decorrência da fadiga. O aumento da acidose intramuscular também pode limitar o metabolismo celular no processo de gerar trabalho (PELICER *et al.*, 2011).

Quando um atleta está em treinamento ou participando de uma competição, os

valores que determinam uma acidez ou alcalinidade são diretamente proporcionais aos fatores que influenciam o estado de recuperação do metabolismo. A combinação de HCO_3^- , EB e pCO_2 com os valores de pH fornecerão informações concretas sobre como o metabolismo reage quando relacionado à recuperação metabólica e respiratória do atleta (FERNANDES, 2019).

4 METODOLOGIA

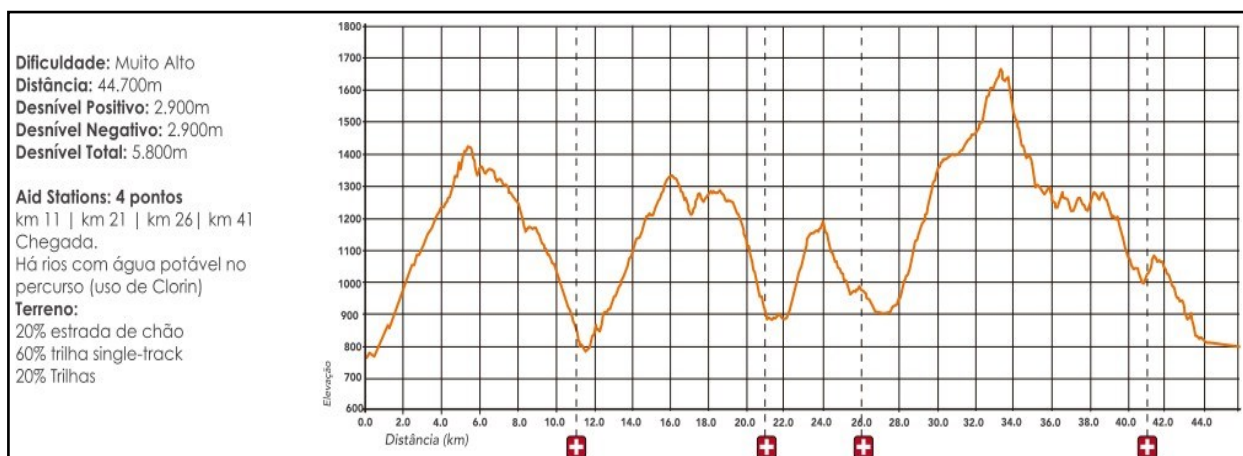
4.1 Análise secundária

Na coleta dos dados deste estudo o autor não participou, sendo assim realizada uma análise secundária de um banco de dados da prova de corrida de montanha Ultramaratona do Morro dos Perdidos *Skymarathon*® de 2017, que foi realizada na segunda semana do mês de julho de 2017, no município de Tijucas do Sul, Paraná, na qual ocorreram provas de 13 km, 25 km, 45 km e 105 km para homens e mulheres, tendo como objeto de interesse exclusivamente os dados da prova masculina de 45 km.

O banco de dados faz parte de um Projeto Integrador com diversos dados das provas de 45 km e 105 km masculino e feminino. A coleta de dados foi desenvolvida junto à equipe de pesquisadores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), coordenada pelo Prof. Dr. Julio Cesar Bassan. Resultando em uma tese de doutorado e três dissertações de mestrado.

A prova teve como especificidades (Figura 1): a distância percorrida pelos corredores 44.700 m; o desnível total 5.800 m, sendo 2.900 m de desnível positivo e 2.900 m de desnível negativo; e a composição do terreno, que era de cerca de 20% de estrada de chão, 20% de trilhas e 60% de trilha *single-track*. As condições climáticas da prova variaram de 22 °C de máxima e 8 °C de mínima, com uma umidade relativa do ar de 81%, e o horário de largada foi às 06h 05min da manhã.

Figura 3 – Altimetria da ultramaratona do Morro dos Perdidos *Skymarathon*® de 2017



Fonte: Guia Ultramaratona dos Perdidos (2017).

Para mapear os artigos científicos produzidos relacionados a eventos de corridas de ultra resistência e as alterações no equilíbrio ácido-básico e do lactato, que viessem a auxiliar na realização desta dissertação, estruturou-se uma revisão de escopo. Utilizou-se para a busca desses artigos as bases de dados *PubMed/Medline*, *Web of Science*, *Scielo* e *Lilacs*.

Na seleção dos descritores utilizados para o processo da revisão do escopo proposta, foi realizada uma consulta ao *Medical Subject Headings* (MeSH) e selecionados os termos específicos que são utilizados para designar as variáveis “desequilíbrio ácido-base”, “atletas”, “corrida de maratona”, “desempenho atlético”, “gasometria”, “ácido láctico”, “lactato” e “bicarbonato de sódio”.

A partir desses conjuntos de palavras-chave organizou-se a construção da estratégia de busca utilizando os Descritores em Ciências da Saúde (DeCS, 2017), encontrando as palavras-chaves: *acid-base imbalance* (desequilíbrio ácido-base), *athletes* (atletas), *marathon running* (corrida de maratona), *athletic performance* (desempenho atlético), *blood gas analysis* (gasometria), *lactic acid* (ácido láctico), *lactate* (lactato) e *sodium bicarbonate* (bicarbonato de sódio). A palavra-chave *lactate* (lactato) não apareceu especificamente nessa forma no DeCS, na data da consulta, 12 de fevereiro de 2022, mesmo assim foi utilizada, pois foram encontrados diversos artigos com essa forma de escrita.

Adotou-se como critério de inclusão artigos científicos originais publicados nos últimos dez anos nas línguas inglesa, espanhola e portuguesa. Realizou-se uma única busca nas bases de dados aplicando os descritores e termos para se ter o resultado final de artigos científicos selecionados na revisão do escopo, que foram exportados para a plataforma de seleção de artigos Rayyan (MOURAD *et al.*, 2016). Então estruturou-se na plataforma a revisão de escopo intitulada “Distúrbio ácido-base e alterações eletroquímicas”. O Rayyan é uma ferramenta utilizada para auxiliar revisões sistemáticas e metanálises, financiada pela Qatar Organization, uma organização sem fins lucrativos. Para que os pesquisadores decidam de maneira independente, o Rayyan possibilita análises individuais às cegas ou não. Se for às cegas nenhum membro do grupo terá conhecimento das decisões individuais dos outros pesquisadores

Os artigos selecionados foram exportados para o referido aplicativo, para serem revisados. Inicialmente foram excluídos os títulos de estudos duplicados. Em seguida, ocorreram três etapas de seleção de inclusão ou exclusão dos artigos. Na

primeira etapa do processo foram selecionados os artigos de interesse fazendo-se a leitura dos títulos para depois ser realizada a leitura dos resumos. Na segunda etapa, após a leitura dos resumos, foram excluídos os artigos que não apresentavam relação com o tema, para que na etapa seguinte fosse realizada a leitura por completo para escolha daqueles que melhor contribuíssem para a pesquisa.

O resultado final registrou 44 artigos científicos com as variáveis de interesse para que se realizasse a leitura total. Após a leitura mais criteriosa, os artigos que não tinham correlação aos objetivos deste estudo foram descartados, finalizando então 6 que foram utilizados no presente estudo.

A busca sistemática identificou três artigos relacionados às alterações no equilíbrio ácido-básico e lactato, sendo dois com corredores de ultramaratona de montanha (CLEMENTE-SUÁREZ, 2015; HOPPEL *et al.*, 2019), e um artigo com atletas de *triathlon* (DIAZ-GARZON *et al.*, 2021), também identificou um artigo relacionado às alterações no equilíbrio ácido-básico no exercício moderado e intenso (STICKLAND *et al.*, 2013). Para o lactato foram identificados dois artigos, um com atletas de *triathlon* (LOPES; OSIECKI; RAMA, 2012) e outro com corredores de maratona (DANTAS *et al.*, 2015).

Também foi incluso neste estudo uma dissertação de mestrado realizada com corredoras de ultramaratona de montanha, em que foram avaliadas as mesmas variáveis propostas (FERNANDES, 2019).

4.2 Delineamento do tipo de pesquisa

A pesquisa realizada caracteriza-se como aplicada quanto à natureza, com abordagem quantitativa descritiva. É classificada como pré-experimental, quando um grupo é submetido a um tratamento (em dois momentos). O controle dos efeitos é realizado por meio de um teste antes da experiência (pré-teste) e um teste ao final (pós-teste) (SILVA *et al.*, 2011).

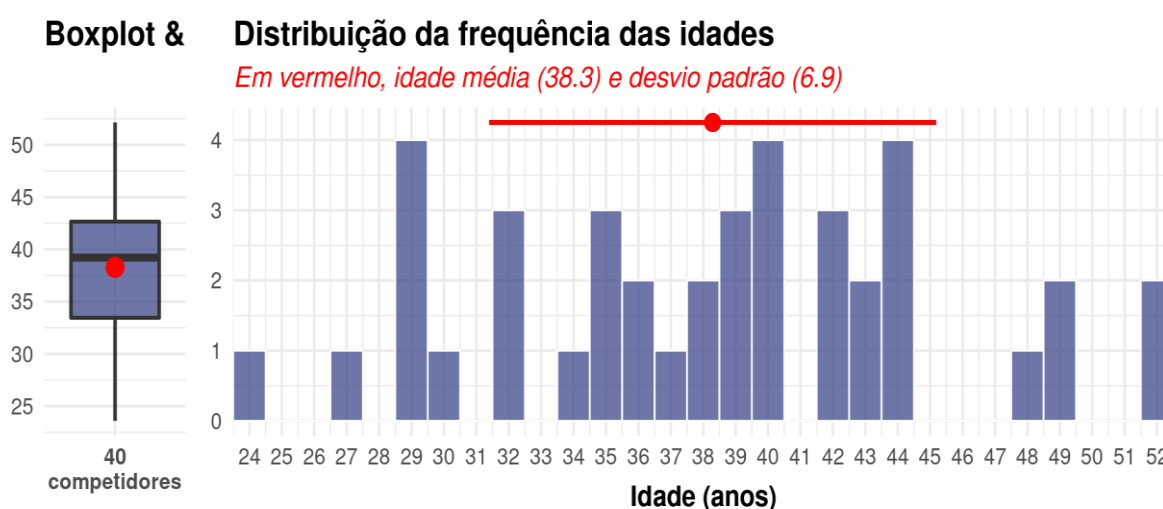
4.3 Amostra

A prova de 45 km da corrida de montanha Ultramaratona do Morro dos Perdidos *Skymarathon*® de 2017 teve 149 corredores inscritos, sendo que 40 atletas masculinos com média de idade de $38,3 \pm 6,9$ anos (Figura 4) manifestaram interesse

em participar da coleta de dados. Assim sendo, na elaboração desta dissertação de mestrado foram utilizados os dados desses 40 atletas.

Para a seleção da amostra foi adotado o procedimento de amostragem intencional e não probabilística. Sendo que os dados das variáveis utilizadas nesta dissertação foram: indicador ácido-base (pH), bicarbonato de sódio (HCO_3^-), pressão parcial de gás carbônico (pCO_2), pressão parcial de oxigênio (pO_2) e lactato (Lac^-) e o tempo de prova.

Figura 4 – Distribuição da frequência das idades dos corredores masculinos participantes da prova de 45 km



Fonte: O autor (2020).

A prova Ultramaratona do Morro dos Perdidos *Skymarathon*® de 2017 foi formada por um grupo seleto de corredores. Para participar dos percursos de 45 km e 105 km o pré-requisito era a aprovação do currículo como atleta no ato da inscrição, no qual deveria constar as informações de cada prova que participou, com o nome do evento; o *site* do evento; o percurso realizado e o tempo final.

Para participar da prova de 45 km era necessário ter participado de pelo menos 2 provas de 21 km ou acima, e ao menos 1 prova de 42 km ou acima, e as provas deveriam ter acontecido entre os anos de 2015 e 2016. A prova de 42 km ou acima deveria obrigatoriamente ser de montanha (REGULAMENTO ULTRAMARATONA DOS PERDIDOS, 2017).

4.4 Procedimentos e instrumentos

4.4.1 Desenho da coleta de dados

Os corredores que fizeram parte do presente estudo foram submetidos a duas avaliações sanguíneas no pré-prova e pós-prova (Quadro 2). A coleta do momento pré-prova foi realizada na Loja Território Mountain Shop, localizada na Rua Vicente Machado, n.º 2.855, bairro Batel em Curitiba (PR), junto à retirada dos *Kits* Atleta (condição obrigatória para a participação da prova), um ou dois dias antes da prova.

A coleta do momento pós-prova foi realizada na cidade de Tijucas do Sul (PR), mais precisamente no Sítio Morro dos Perdidos, na BR 376, sentido Sul, km 662, no dia 15 de julho de 2017, na Ultramaratona dos Perdidos *SkyMarathon*®, logo após o término da prova realizada pelo corredor.

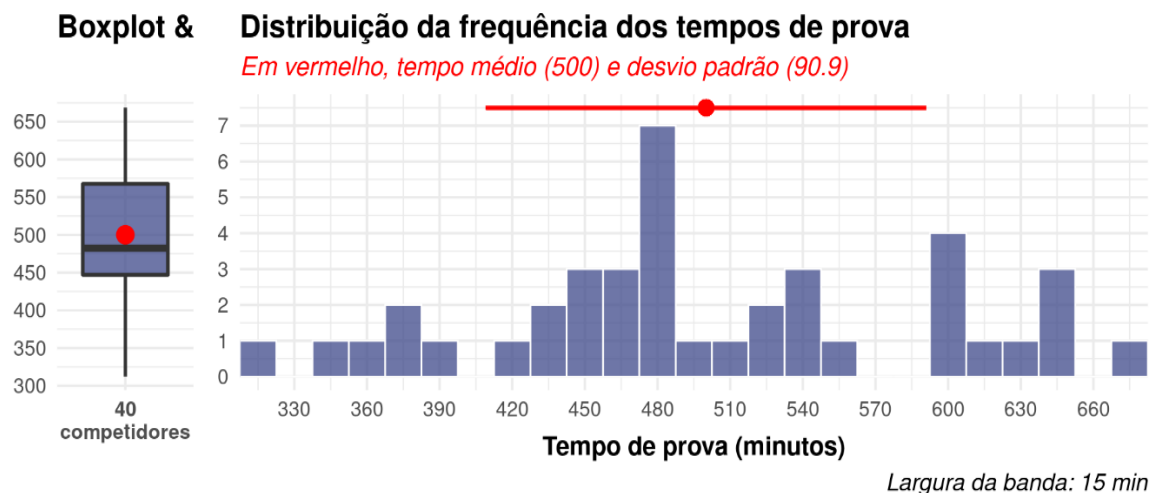
Quadro 2– Coletas pré-prova e pós-prova

<p>Coleta 1 Pré-prova</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Um ou dois dias antes da competição. <p>Coleta sanguínea por meio de sangue capilarizado.</p>
<p>Coleta 2 Pós-prova</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Após o término da corrida (em campo). <p>Coleta sanguínea por meio de sangue capilarizado.</p>

Fonte: O autor (2020).

A fim de comparar o comportamento das variáveis no equilíbrio acido-básico e lactacidemia, os 40 corredores foram divididos em dois grupos conforme a mediana da prova de $500 \pm 90,90$ minutos. Um grupo ($n=20$) que ficou nos tempos abaixo da mediana e outro grupo nos tempos acima da mediana ($n=20$). A Figura 5 mostra a frequência dos tempos de prova dos corredores.

Figura 5 – Distribuição da frequência dos tempos de prova dos corredores masculinos participantes da prova de 45 km



Fonte: O autor (2020).

4.4.2 Coleta de sangue

As amostras de sangue venoso foram coletadas por meio de sangue capilar, mediante técnica de pulsão da polpa de um dos dedos da mão (BISHOP; MARTINO, 1993). A pele dos dedos foi limpa com álcool 70° e seca para evitar mistura com suor ou água. Evitando a pressão do local, a gota grossa de sangue foi recolhida utilizando capilar com capacidade de 200µL (*Capillary Tubes 250 Roche®*), tratado com heparina.

Todo o procedimento de coleta sanguínea foi realizado por uma profissional (enfermeira) especializada e com experiência em coleta de campo. Para realizar a análise de sangue foi utilizado o equipamento de Gasometria GEM Premier 3000, e foram coletados os parâmetros de pH, HCO_3^- , pCO_2 , pO_2 e Lac^- para este estudo. A amostra sanguínea foi processada logo em seguida de sua coleta, garantindo a confiabilidade e obtendo resultados em poucos segundos. Os resultados foram obtidos em aproximadamente 85 segundos após a introdução da amostra no analisador sanguíneo (BÉNÉTEAU-BURNAT *et al.*, 2004; BASSAN, 2007; FERREIRA, 2015; FERNANDES, 2019).

4.5 Seleção dos participantes e termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE)

Todos os corredores foram selecionados de maneira equitativa, ou seja, todos tiveram as mesmas chances de participar da pesquisa. Foi enviado previamente um correio eletrônico para todos os participantes, convidando a fazer parte e explicando sobre como se processaria a coleta de dados e todas as suas etapas. Todos que concordaram com a participação na presente investigação assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A). Esta pesquisa pertence a um projeto integrador, que foi autorizada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade Dom Bosco sob o parecer n.º 2.147.225 (APÊNDICE B), e desenvolvida junto à equipe de pesquisadores da UTFPR.

4.6 Critérios de inclusão e exclusão

4.6.1 Fatores de inclusão

Na coleta de dados fizeram parte da pesquisa somente corredores com experiência em pelos menos duas provas acima de 21 km e uma acima de 42 km entre os anos de 2015 e 2016, sendo que a prova de 42 km deveria obrigatoriamente ser de montanha; e corredores que não apresentaram relatos de patologias.

Na elaboração desta dissertação de mestrado foram incluídos os dados disponibilizados dos 40 corredores que participaram da prova de 45 km da corrida de montanha Ultramaratona do Morro dos Perdidos *Skymarathon*® de 2017, que haviam manifestado o interesse em participar da coleta de dados.

4.6.2 Fatores de exclusão

Os critérios de exclusão adotados na coleta de dados foram: 1) atletas que não entregaram o termo de consentimento devidamente assinado; 2) não realizaram a coleta de sangue pré-prova ou pós-prova de 45 km; e 3) atletas que no decorrer da pesquisa desejassem retirar seu consentimento livre esclarecido.

Na elaboração desta dissertação de mestrado não houve exclusão de dados, pois foram analisados os dados disponibilizados dos 40 corredores que participaram

da prova de 45 km da corrida de montanha Ultramaratona do Morro dos Perdidos Skymarathon® de 2017.

4.7 Riscos e benefícios

4.7.1 Riscos

Os riscos presentes na coleta de dados eram relacionados à coleta da amostra sanguínea, como sensação de dor moderada no local da punção, leve sangramento e baixo risco de infecção, os quais são passíveis de controle por meio de medidas preventivas. Para isso foram utilizados materiais esterilizados e descartáveis para a punção (lancetas, seringas e luvas) e assepsia prévia do local a ser puncionado por meio da utilização de álcool 70%. Para prevenção da formação de hematoma todos os indivíduos tiveram o local da punção comprimido de forma adequada ao ser retirada a lanceta.

Para a elaboração desta dissertação de mestrado não se observou riscos, pois os dados já estavam planilhados e tabulados.

4.7.2 Benefícios

Como benefício os corredores participantes da coleta de dados receberam os resultados pré-prova e pós-prova com os marcadores bioquímicos encontrados, que proporcionaram uma melhor compreensão de sua aptidão física, auxiliando os atletas e os treinadores a otimizarem o planejamento do treinamento, bem como a conscientização da importância do monitoramento de parâmetros bioquímicos para a melhora do desempenho físico.

4.8 Monitoramento e segurança dos dados

Os dados foram tabulados, avaliados estatisticamente e codificados, protegendo assim a confidencialidade de cada participante.

4.9 Avaliação dos dados

A análise estatística dos dados disponibilizados para elaboração desta dissertação foi realizada no ambiente de computação estatística R (R CORE TEAM, 2022), para uma descrição das variáveis mensuradas, características abstratas, valores como o principal, a média e as extremas. O coeficiente de correlação de *Pearson* foi usado para estabelecer a correlação entre o pré, o pós e as variáveis mensuradas. Os dados foram apresentados como média e intervalos interquartis (IQR) e média e desvio padrão (DP), conforme apropriado. Além disso, para representação foram construídos gráficos de dispersão, caixa (*boxplots*), barra, e de linha.

As medidas são do tipo *follow-up* pré e pós, o teste de Shapiro-Wilk foi aplicado para verificar a distribuição normal dos dados. Os testes de comparação de médias Teste-*t* e/ou testes de postos sinalizados de *Wilcoxon* foram realizados para comparar os parâmetros laboratoriais antes e depois da corrida, conforme apropriado. Para todos os procedimentos estatísticos foi adotado o nível de significância de $p < 0,05$.

5 RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os valores referentes à análise de dados do marcador metabólito Lac^- dos 40 corredores masculinos participantes da prova de 45 km da Ultramaratona do Morro dos Perdidos *Skymarathon*® de 2017. Referente ao Lac^- na condição pré-prova foram encontrados valores de $1,95 \pm 0,62$ mmol/L e pós-prova de $2,73 \pm 0,89$ mmol/L, para $p=0,0001$. Na figura 6 observa-se o comportamento da alteração do Lac^- ($n=40$) pré-prova e pós-prova dos corredores masculinos participantes da prova de 45 km, e na Figura 7 pode-se observar o comportamento da Média e do DP no pré-prova e pós-prova desta variável.

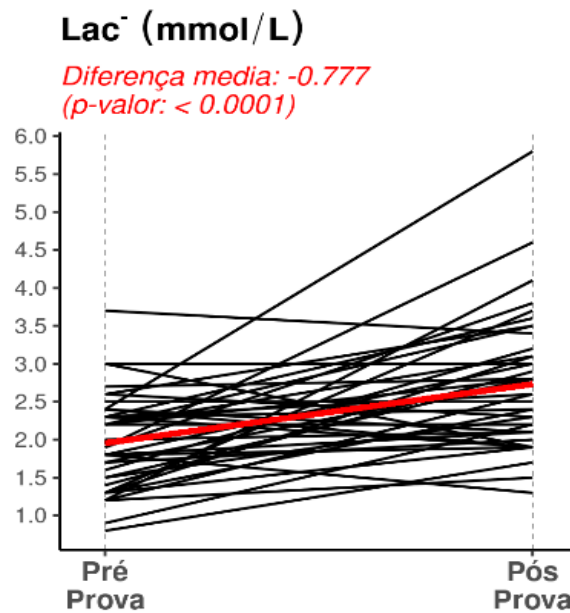
Tabela 1– Comportamento do Lac^- pré-prova e pós-prova dos corredores masculinos participantes da prova de 45 km

Marcador bioquímico	Pré	Pós	p valor
Lac^- (mmol/L)	$1,95 \pm 0,62$	$2,73 \pm 0,89$	0,0001

Lac^- = lactato

Fonte: O autor (2022).

Figura 6 – Comportamento da alteração do Lac^- ($n=40$) pré e pós dos corredores masculinos participantes da prova de 45 km



Fonte: O autor (2022).

A Tabela 2 exibe os valores referentes à análise de dados sobre o distúrbio ácido-básico dos 40 corredores masculinos participantes da prova de 45 km da Ultramaratona do Morro dos Perdidos *Skymarathon*® de 2017. O pH na condição pré-prova para o pós-prova mostrou valores de $7,42\pm 0,02$ e $7,42\pm 0$, para $p=0,723$. A respeito do HCO_3^- , o comportamento dessa variável no momento pré-prova para o pós-prova revelou valores de $26,47\pm 1,64$ mmol/L e $21,81\pm 2,42$ mmol/L, nessa ordem, para $p<0,0001$. Sobre a pCO_2 os valores pré-prova foram de $40,77\pm 2,55$ mm/Hg e pós-prova de $33,65\pm 2,78$ mm/Hg, respectivamente, para valor de $p<0,0001$. Referente à pO_2 na condição pré-prova foram encontrados valores de $65,45\pm 4,30$ mm/Hg e pós-prova de $65,82\pm 6,30$ mm/Hg para $p=0,747$. Na Figura 8 observa-se o comportamento das alterações do distúrbio ácido-básico ($n=40$) pré-prova e pós-prova dos corredores masculinos participantes da prova de 45 km, e na Figura 7 pode-se observar o comportamento da Média e DP no pré-prova e pós-prova dessas variáveis.

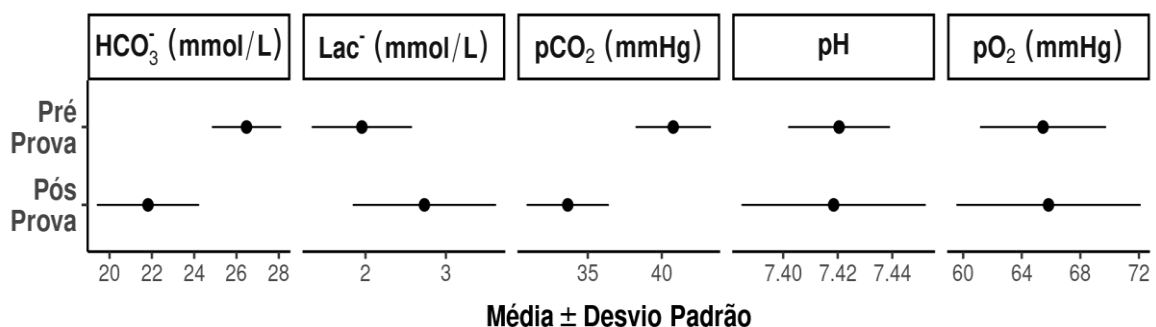
Tabela 2 – Comportamento das alterações do distúrbio ácido-básico dos corredores masculino participantes da prova de 45 km

Gasometria	Pré	Pós	Valores de referência	p valor
pH	$7,42\pm 0,02$	$7,42\pm 0,03$	7,30 – 7,40	0,723
HCO_3^- (mmol/L)	$26,47\pm 1,64$	$21,81\pm 2,42$	21 – 28	<0,0001
pCO_2 (mmHg)	$40,77\pm 2,55$	$33,65\pm 2,78$	41 – 51	<0,0001
pO_2 (mmHg)	$65,45\pm 4,30$	$65,82\pm 6,30$	40 – 50	0,747

pH = indicador ácido-base; HCO_3^- = bicarbonato; pCO_2 = pressão parcial de dióxido de carbono; pO_2 = pressão parcial de oxigênio; valores de referência (RIELLA, 2003).

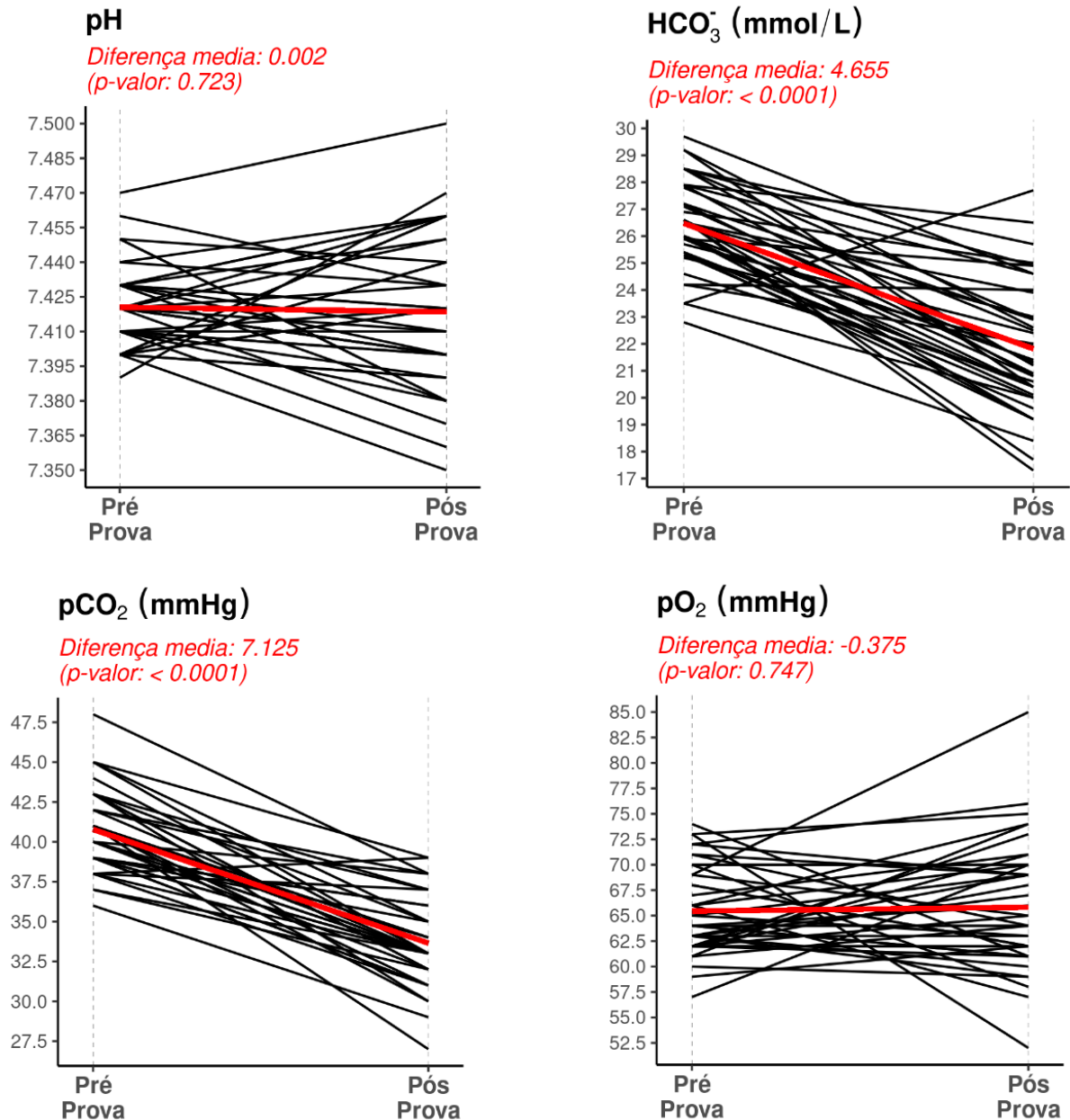
Fonte: O autor (2022).

Figura 7 – Comportamento da Média e DP no pré-prova e pós-prova do distúrbio ácido-básico e lactato, dos corredores masculinos participantes da prova de 45 km



Fonte: O autor (2022).

Figura 8 – Comportamento das alterações do distúrbio ácido-básico (n=40) pré e pós dos corredores masculinos participantes da prova de 45 km



Fonte: O autor (2022).

A Tabela 3 mostra o comportamento do distúrbio ácido-básico e lactato dos dados dos 40 corredores masculinos participantes da prova de 45 km da Ultramaratona do Morro dos Perdidos *Skymarathon*® de 2017, divididas em dois grupos em relação à mediana do tempo de prova, sendo que a prova teve um tempo médio de 8h20min.

Os atletas que realizaram a prova em tempo abaixo da mediana, n=20, o pH mostrou valores de $7,42 \pm 0,02$ para $7,43 \pm 0,03$ para valor de $p=0,587$. O HCO₃⁻

apresentou uma queda na condição de pré-prova para pós-prova de $26,40 \pm 1,58$ mEq/l para $22,40 \pm 2,37$ mEq/l, nesta ordem, para $p < 0,0001$. Já a pCO_2 , quando comparados os momentos pré-prova e pós-prova, mostrou valores de $40,40 \pm 2,18$ mm/Hg para $33,80 \pm 2,44$ mm/Hg, nessa sequência, com o valor de $p < 0,0001$. Sobre a pO_2 os valores de pré-prova foram de $65,00 \pm 4,11$ mm/Hg e para pós-prova de $66,40 \pm 5,88$ mm/Hg para $p = 0,424$. Quanto ao Lac^- , esse marcador fisiológico demonstrou um comportamento aumentado da situação pré-prova para pós-prova, $2,04 \pm 0,64$ mmol/L para $3,03 \pm 0,98$ mmol/L, respectivamente, para o valor de $p = 0,001$.

Tabela 3 – Comportamento das alterações do distúrbio ácido-básico e lactato dos 40 corredores de montanha conforme a mediana do tempo de conclusão da prova de 45 km

Gasometria arterial (n=20)	Tempos abaixo da mediana		p valor
	Pré	Pós	
pH	$7,42 \pm 0,02$	$7,43 \pm 0,03$	0,587
HCO_3^- (mEq/l)	$26,40 \pm 1,58$	$22,40 \pm 2,37$	$< 0,0001$
pCO_2 (mmHg)	$40,40 \pm 2,18$	$33,80 \pm 2,44$	$< 0,0001$
pO_2 (mmHg)	$65,00 \pm 4,11$	$66,40 \pm 5,88$	0,424
Lac^- (mmol/L)	$2,04 \pm 0,64$	$3,03 \pm 0,98$	0,001
Gasometria arterial (n=20)	Tempos acima da mediana		p valor
	Pré	Pós	
pH	$7,42 \pm 0,03$	$7,41 \pm 0,01$	0,181
HCO_3^- (mEq/l)	$26,50 \pm 1,74$	$21,20 \pm 2,36$	$< 0,0001$
pCO_2 (mmHg)	$41,20 \pm 2,86$	$33,50 \pm 3,14$	$< 0,0001$
pO_2 (mmHg)	$65,80 \pm 4,56$	$65,30 \pm 6,79$	0,748
Lac^- (mmol/L)	$1,88 \pm 0,61$	$2,44 \pm 0,70$	0,005

pH = indicador ácido-base; HCO_3^- = bicarbonato; pCO_2 = pressão parcial de dióxido de carbono; pO_2 = pressão parcial de oxigênio. Lac^- = lactato

Fonte: O autor (2022).

Para os atletas que realizaram a prova em tempo acima da mediana, $n=20$, o pH mostrou valores de $7,42 \pm 0,03$ para $7,41 \pm 0,01$, para um $p=0,181$. O HCO_3^- apresentou uma queda na condição de pré-prova para pós-prova de $26,50 \pm 1,74$ mEq/l para $21,20 \pm 2,36$ mEq/l, nessa ordem, com valor de $p < 0,0001$. Já a pCO_2 apresentou os valores quando comparados os momentos pré-prova e pós-prova de

41,20±2,86 mm/Hg para 33,50±3,14 mm/Hg, nessa ordem, para $p < 0,0001$. Sobre a pO_2 os valores de pré-prova foram de 65,80±4,56 mm/Hg e para pós-prova de 65,30±6,79 mm/Hg para $p = 0,748$. Quanto ao Lac^- , esse marcador fisiológico demonstrou um comportamento aumentado da situação pré-prova para pós-prova, 1,88±0,61 mmol/L para 2,44±0,70 mmol/L, respectivamente, para o valor de $p = 0,005$.

A Tabela 4 exibe os dados do comportamento do distúrbio ácido-básico e lactato do corredor com menor tempo (5h12min11s), e do corredor com maior tempo (11h8min41s) classificado em 149.º colocado na prova de 45 km da Ultramaratona do Morro dos Perdidos *Skymarathon*® de 2017. Como informação adicional, o 1.º colocado da prova de 45 km com tempo de 5h12min10s não demonstrou interesse em participar da coleta de dados.

Tabela 4 – Comportamento das alterações do distúrbio ácido-básico e lactato dos corredores de montanha conforme o menor e maior tempo de conclusão da prova de 45 km

Gasometria arterial	Corredor menor tempo	
	Pré	Pós
pH	7,4	7,46
HCO ₃ ⁻ (mEq/l)	24,2	22
pCO ₂ (mmHg)	39	31
pO ₂ (mmHg)	62	71
Lac ⁻ (mmol/L)	1,2	4,1
Gasometria arterial	Corredor maior tempo	
	Pré	Pós
pH	7,41	7,36
HCO ₃ ⁻ (mEq/l)	25,4	19,2
pCO ₂ (mmHg)	40	34
pO ₂ (mmHg)	66	57
Lac ⁻ (mmol/L)	1,8	2,1

pH = indicador ácido-base; HCO₃⁻ = bicarbonato; pCO₂ = pressão parcial de gás carbônico; pO₂ = pressão parcial de oxigênio. Lac⁻ = lactato

Fonte: O autor (2022).

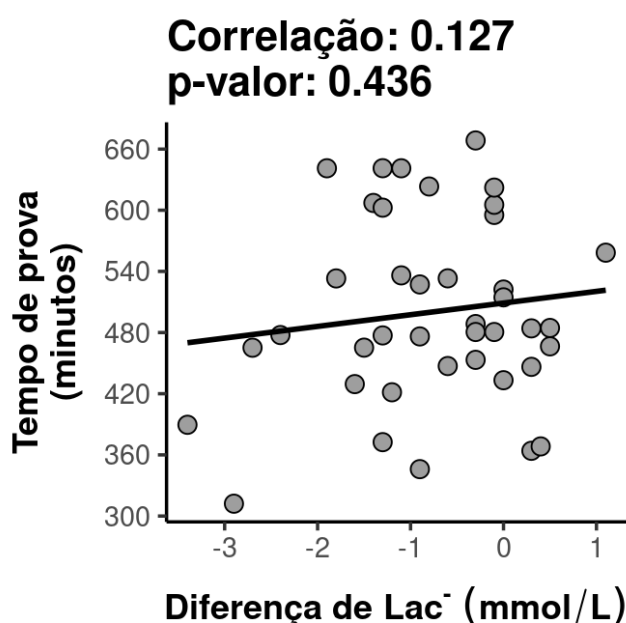
O corredor que completou a prova em menor tempo o pH mostrou valores de 7,4 para 7,46. O HCO₃⁻ apresentou no pré-prova 24,2 mEq/l e para o pós-prova 22 mEq/l. A respeito da pCO₂, o comportamento dessa variável no momento pré-prova e pós-prova revelou valores de 39 mm/Hg para 31 mm/Hg. Sobre a pO₂ os valores de

pré-prova foram de 62 mm/Hg e para o pós-prova de 71 mm/Hg. Quanto ao Lac^- , esse marcador fisiológico demonstrou um comportamento aumentado da situação pré-prova para pós-prova, 1,2 mmol/L para 4,1 mmol/L, respectivamente.

Já o corredor que completou a prova em maior tempo o pH mostrou valores de 7,41 para 7,36. O HCO_3^- apresentou no pré-prova 25,4 mEq/l e para o pós-prova 19,2 mEq/l. A respeito da pCO_2 , o comportamento dessa variável no momento pré-prova e pós-prova apresentaram valores de 40 mm/Hg para 34 mm/Hg. Sobre a pO_2 os valores de pré-prova foram de 66 mm/Hg e para o pós-prova de 57 mm/Hg. Quanto ao Lac^- , esse marcador fisiológico demonstrou um comportamento aumentado da situação pré-prova para pós-prova, 1,8 mmol/L para 2,1 mmol/L.

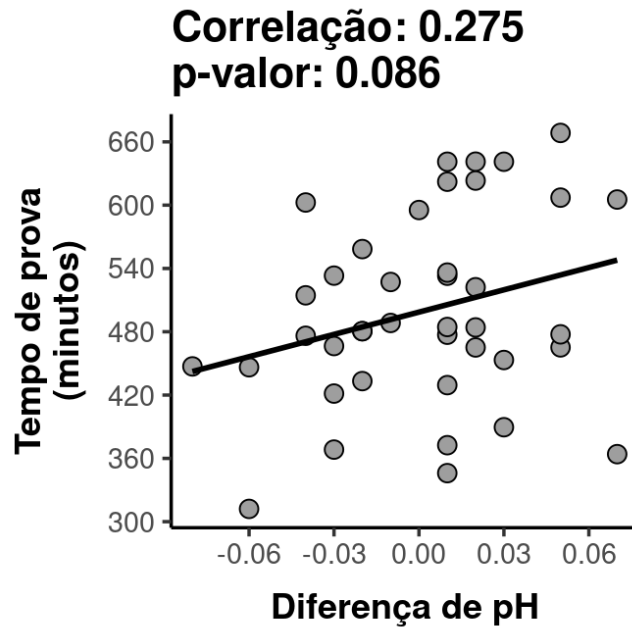
Ao correlacionar o tempo de conclusão da prova em minutos e as diferenças das variáveis pH, HCO_3^- , pCO_2 , pO_2 e Lac^- dos 40 corredores masculinos participantes da prova de 45 km da Ultramaratona do Morro dos Perdidos Skymarathon® de 2017 foram encontrados: para o Lac^- um nível de correlação de 0,127 com valor de $p=0,436$ (Figura 9); para o pH um nível de correlação de 0,275 para um $p=0,086$ (Figura 10); um nível de correlação de 0,296 para o HCO_3^- com valor de $p=0,063$ (Figura 11); para a pCO_2 um nível de correlação de 0,176 para o valor de $p=0,278$ (Figura 12); e para a pO_2 um nível de correlação 0,228 para um $p=0,158$ (Figura 13).

Figura 9 – Correlação do tempo de conclusão da prova e o Lac^-

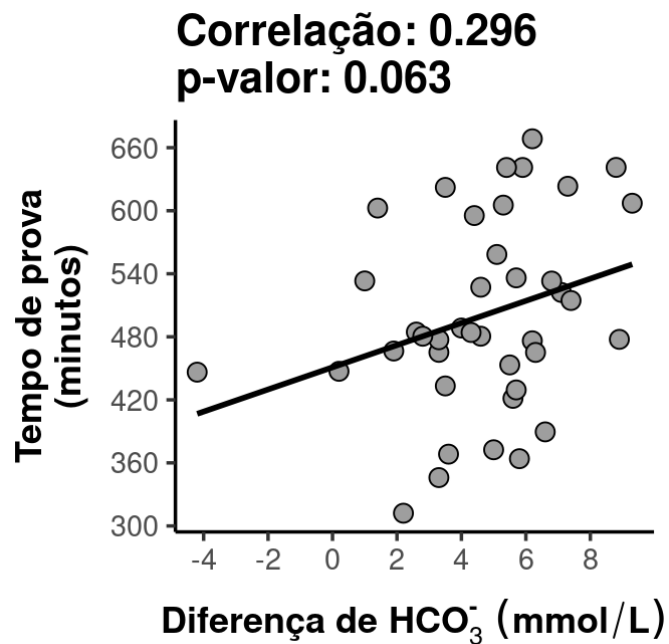


Fonte: O autor (2022).

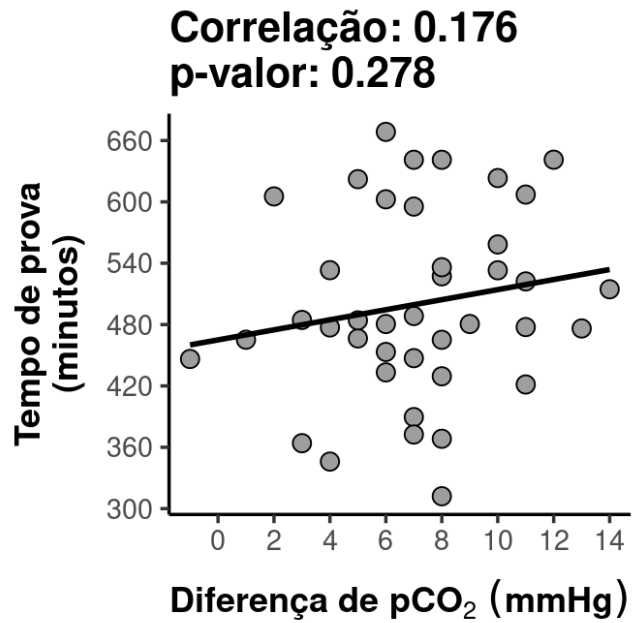
Figura 10 – Correlação do tempo de conclusão da prova e o pH



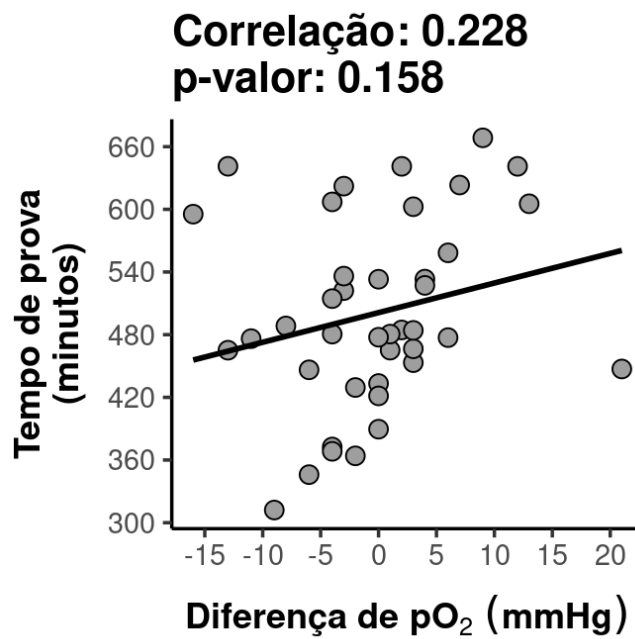
Fonte: O autor (2022).

Figura 11 – Correlação do tempo de conclusão da prova e o HCO_3^- 

Fonte: O autor (2022).

Figura 12 – Correlação do tempo de conclusão da prova e a $p\text{CO}_2$ 

Fonte: O autor (2022).

Figura 13 – Correlação do tempo de conclusão da prova e a $p\text{O}_2$ 

Fonte: O autor (2022).

6 DISCUSSÃO

O presente estudo é resultante da análise secundária do banco de dados da prova de corrida de montanha Ultramaratona do Morro dos Perdidos *Skymarathon*® de 2017, onde foram analisados os dados de 40 corredores masculinos que participaram da prova de 45 km.

Comparando os valores (Tabela 1) da concentração de lactato no pré-prova ($1,95 \pm 0,62$ mmol/L) e pós-prova ($2,73 \pm 0,89$ mmol/L) para $p=0,0001$, nota-se que a intensidade da corrida estava abaixo do ponto de equilíbrio máximo entre produção e depuração de lactato (OBLA de 4,0 mmol/L) (LOPES; OSIECKI; RAMA, 2012; RAMOS-CAMPOS *et al.*, 2016). Foi possível observar que a longa duração do evento não permite o aumento da intensidade da corrida dos atletas durante suas respectivas provas, o que contribui para que não ocorra acúmulo do lactato (CLEMENTE-SUÁREZ, 2015). Em média, os valores do lactato encontrado são semelhantes aos relatados em outros estudos em corridas de maratonas e ultramaratonas de até 100 km (CLEMENTE-SUÁREZ, 2015; FERNANDES, 2019; HOPPEL *et al.*, 2019; KIM e KIM, 2007; JASTRZEBSKI *et al.*, 2015; SHIN *et al.*, 2016).

No estudo de Fernandes (2019), realizado com 19 corredoras de ultramaratona de montanha, na mesma prova objeto desse estudo, na distância de 45 km, encontrou valores referente ao Lac^- (pré-prova $2,52 \pm 0,74$ mmol/L e pós-competição $3,63 \pm 2,62$ mmol/L para $p=0,01$). Em um estudo realizado por Jastrzebski *et al.* (2015) com 14 atletas corredores de ultramaratona de montanha em prova de 100 km, o valor final de lactato dos corredores foi de 3,07 mmol/L. A pesquisa de Lopes; Osiecki e Rama (2012) com 12 triatletas do sexo masculino descreve que as concentrações de lactato sanguíneo, apesar de sofrerem algumas alterações devidas à temperatura ambiente e desidratação, obteve um valor de 4,47mmol/L).

Por meio do aumento da intensidade do exercício ocorre uma elevação na concentração de lactato sanguíneo acima dos valores de repouso, isso é relacionado a um déficit na oferta de oxigênio para os músculos ativos, entretanto, a diminuição da oferta de oxigênio não é o único pré-requisito para a formação do lactato, mesmo em condições de repouso ele é encontrado na corrente sanguínea (SVEDAHL; MACINTOSH, 2003).

O exercício leva a produção e liberação de Lac^- no sangue, podendo ser utilizado como fonte de energia pela musculatura esquelética, coração e o cérebro

quando a disponibilidade de oxigênio é adequada (PROIA *et al.*, 2016; CHATHAM, 2002). Esse comportamento ocorre devido aos transportadores monocarboxilatos (MCT1 e MCT40), que tem a propriedade de levar o Lac^- do meio de maior concentração para o de menor concentração, permitindo o metabólito ser absorvido, oxidado e utilizado como energia (ADEVA-ANDANY *et al.*, 2014).

Observa-se que o Lac^- aumentou, entretanto, o mesmo não foi superior ao limiar de lactato. Na tabela 3 que mostra os valores do lactato em relação ao tempo de conclusão da prova, verifica-se que os valores demonstram o mesmo comportamento que os valores na avaliação de todo o grupo ($n=40$), mostrando que não houve diferenças significativas ao comparar os corredores que concluíram a prova de 45 km nos tempos acima e abaixo da mediana, o mesmo pode ser observado na Tabela 4 na comparação entre os corredores com o maior e menor tempo.

A pesquisa de Clemente-Suárez (2015), investigou 6 corredores de ultramaratona em montanha na distância de 54 km, em que os atletas completaram juntos a corrida em 14h6min, apresentaram uma concentração de lactato sanguíneo de $2,8 \pm 0,3$ mmol/L. O estudo de Fernandes (2019) com 19 corredoras de ultramaratona de montanha, em relação ao tempo de conclusão de prova, apresenta valores do lactato das atletas com tempos mais baixos (pré-competição $2,54 \pm 0,73$ mmol/L e pós-competição $3,29 \pm 1,18$ mmol/L para $p=0,13$) e tempo mais altos (pré-competição $2,52 \pm 0,90$ mmol/L e pós-competição $4,03 \pm 1,77$ mmol/L para $p=0,05$), demonstram valores de lactato um pouco superiores, observa-se o mesmo comportamento neste estudo.

No estudo de Bird; Linden; e Hawley (2014) observou-se que o lactato sanguíneo e os níveis de glicose não se alteraram de maneira significativa em ultramaratonas. Sobre a magnitude dessas respostas fisiológicas, observou-se que elas são proporcionais à intensidade do exercício e a distância que este está sendo realizado, nota-se que exercícios mais vigorosos provocam respostas mais significantes.

A produção de lactato tem como benefício adicional, no que se diz a respeito ao tamponamento metabólico de prótons, sendo que a reação da lactato desidrogenase usa dois elétrons e um próton do NADH e um segundo próton da solução para reduzir o piruvato ao lactato. Dessa forma, a produção de lactato retarda, e não causa o desenvolvimento de acidose metabólica (BAKER; McCORMICK; ROBERGS, 2010).

Conceitualmente, o limiar anaeróbio pode ser definido como o ponto em que a produção de energia pelo metabolismo anaeróbio predomina em relação ao metabolismo aeróbio, ocorrendo assim um aumento na concentração de lactato sanguíneo. Após esse ponto o acúmulo de lactato circulante altera o pH sanguíneo prejudicando a contração muscular (WASSERMAN *et al.*, 1999). O limiar de lactato indica o nível de condicionamento físico, bem como é considerado como o melhor preditor de desempenho (FACEY; IRVING; DILWORTH, 2013).

O estudo de Waskiewicz *et al.*, (2012) descreve que uma corrida contínua de longa duração provoca um padrão de resposta ventilatória, em que a característica marcante é uma taquipneia associada a níveis variáveis de hipocapnia e alcalose respiratória. Para Jastrzebski *et al.* (2015) a capacidade de o organismo manter o equilíbrio ácido-base é um dos principais fatores que limitam as capacidades físicas. Sendo assim, as medidas de equilíbrio ácido-base são amplamente utilizadas nos esportes.

Os valores de gasometria e equilíbrio ácido-base encontrados nesse estudo (Tabela 2) demonstraram estar dentro da normalidade em relação aos valores de referência no pré-prova. Ao avaliar os resultados dos corredores no pós-prova, constatou-se uma alteração do distúrbio ácido-básico, onde o pH encontrou-se no intervalo fisiológico ($7,42 \pm 0,03$ para $p=0,723$) encontrando-se um pouco acima do valor de referência, ocasionado por uma alcalose respiratória progressiva. O comportamento do HCO_3^- diminuiu para ($21,81 \pm 2,42$ mmol/L para $p < 0,0001$) estando dentro dos valores de referência, já em relação a pCO_2 teve uma diminuição significativa ($33,65 \pm 2,78$ mmHg para $p < 0,0001$) resultando uma hipocapnia e a pO_2 ($65,82 \pm 6,30$ mmHg para $p=0,747$) não apresentou alteração significativa, demonstrando valores acima do que os de referência.

A pesquisa de Waskiewicz *et al.* (2012), relata que em uma ultramaratona de 24h com 14 corredores amadores, do sexo masculino, com idade média de $43,0 \pm 10,8$ anos, apresentou valores de pH acima do normal (7,46 - 7,51) e pCO_2 inferior a 35mmHg, foi evidenciado um grau variável de hipocapnia e alcalose respiratória ocorrendo a diminuição da pCO_2 de 23% e um aumento de 11% de pO_2 , as concentrações de sódio permaneceram com pouca alteração..

O estudo de Fernandes (2019) observou ao final da prova um insignificante distúrbio ácido-básico, onde o pH estava no intervalo fisiológico ($7,41 \pm 0,03$), a pCO_2 ($33,58 \pm 4,96$ mmHg), HCO_3^- ($21,08 \pm 3,09$ mmol/L) e pCO_2 ($58,68 \pm 6,67$ mmHg)

mostraram não estar dentro dos valores de normalidade em relação aos valores de referência.

O estudo de Chin *et al.* (2007) avaliou a alcalose após a conclusão de uma corrida, apresentando valores de pH acima do normal entre 7,46 e 7,51, e $p\text{CO}_2$ menores de 35 mmHg. O que indica que isso pode estar relacionado a uma tendência para uma menor concentração de cálcio ionizado livre. Reduções ocasionadas pela hiperventilação nas concentrações plasmáticas de CO_2 , H^+ e cálcio disponível, onde atuam como potentes vasodilatadores durante a realização do exercício físico, podendo limitar a liberação de O_2 ao músculo esquelético ativo, causando constrição vascular e reduzindo o fluxo sanguíneo

Quando da análise do equilíbrio ácido-base e da pressão parcial dos gases sanguíneos em 14 corredores durante uma corrida de 100 km, Jastrzebski *et al.* (2015) encontraram uma diminuição significativa nos valores médios do HCO_3^- em repouso de $23,13 \pm 1,21$ mmol/L, e ao final da prova de 100 km de $22,02 \pm 1,79$ mmol/L. O estudo sugeriu que foi por meio da gasometria que alguns problemas ventilatórios ou deficiências de difusão ocorreram com os atletas durante a prova. Uma redução significativa na compressibilidade do oxigênio foi observada após 100 km, ocasionando uma $p\text{O}_2$ em repouso de $92,80 \pm 15,67$ mmHg para $88,36 \pm 13,71$ mmHg. A $p\text{CO}_2$ de repouso foi de $40,90 \pm 2,19$ mmHg e após 100 km foi de $36,89 \pm 2,53$ mmHg.

O estudo de Hanson *et al.* (1982) descreve que em uma corrida contínua e duradoura ocorre uma taquipneia associada a graus variáveis de hipocapnia e alcalose respiratória. A hipocapnia ocorre quando um forte estímulo respiratório faz com que os pulmões removam mais CO_2 do que o produzido em tecidos metabólicos ativos.

O estudo de Stickland *et al.* (2013) descreve que a intensidade do exercício acima de 60% a 80% do consumo máximo de oxigênio, provoca uma hiperventilação, resultando em uma redução da $p\text{CO}_2$ e aumento da $p\text{O}_2$. Este efeito proporciona a regulação do equilíbrio ácido-base porque os efeitos acidificantes do CO_2 são eliminados, fornecendo assim alguma compensação para a acidose metabólica associada ao aumento do lactato sanguíneo.

Nielsen (2003) descreve que a hipoxemia ocorre como resultado do exercício físico, podendo ser explicada pelos danos causados nas membranas

alveolares, pelo decaimento induzido de basófilos, que desencadeiam uma liberação de histamina, limitando assim a diminuição da pO_2 , e aumento do HCO_3^- , bem como a difusão limitada de gases ou a redução na concentração de hemoglobina e a rivalidade pelo oxigênio entre os órgãos e tecidos em casos de hipóxia.

A tabela 3 mostra os valores de gasometria e equilíbrio ácido-base em relação ao tempo de conclusão da prova, observa-se que os valores demonstram o mesmo comportamento que os valores encontrados na avaliação de todo o grupo ($n=40$), mostrando valores sem significância ao comparar os corredores que concluíram a prova de 45 km nos tempos acima e abaixo da mediana, mesmo comportamento é observado na Tabela 4 na comparação entre os corredores com o maior e menor tempo.

7 CONCLUSÃO

Levando em conta a alta exigência da modalidade, a pesquisa revelou alterações no distúrbio ácido-básico corroborando com os resultados de outras pesquisas. Observou-se a diminuição progressiva da $p\text{CO}_2$, ocasionando um aumento progressivo de uma alcalose hipocapnica provocada pela hiperventilação e pelo aumento da utilização de substratos na oxidação de gordura.

O lactato se mostrou abaixo do ponto de acumulação do lactato sanguíneo, indicando que o metabólito foi utilizado como fonte de energia pela musculatura esquelética durante a prova.

Ao comparar os resultados das alterações do equilíbrio ácido-básico e lactato em relação ao tempo da mediana da prova, bem como na comparação do corredor com menor tempo e o corredor com maior tempo, os valores das variáveis estudadas não mostraram alterações significativas nos corredores que concluíram a prova de 45 km.

Ao correlacionar as variáveis utilizadas nesta pesquisa, pH , HCO_3^- , $p\text{CO}_2$, $p\text{O}_2$ e Lac^- em relação ao tempo de prova, apresentaram uma correlação fraca, não sendo encontrada semelhança ou equivalência entre elas.

Como sugestão para estudos futuros, apesar das dificuldades operacionais e de logística, seria oportuno verificar a ingestão e/ou hidratação durante a prova, bem como a estratégia alimentar pré-competição dos atletas.

Essa pesquisa oferece importantes contribuições para compreender as consequências fisiológicas de uma corrida de montanha de ultra resistência. Os resultados obtidos neste estudo podem ser utilizados pelos treinadores e atletas como um parâmetro de referência de alterações do equilíbrio ácido-básico e lactato, auxiliando na manutenção da saúde e longevidade dos atletas, promovendo assim o desenvolvimento de programas de treinamento específicos para corredores masculinos que realizam ultramaratona em montanha.

REFERÊNCIAS

- ADEVA-ANDANY, M. *et al.* Comprehensive review on lactate metabolism in human health. **Mitochondrion**, n. 17, p. 76-100, 2014.
- ALLEN, D. G.; LAMB, G. D.; WESTERBLAD, H. Skeletal Muscle Fatigue: Cellular Mechanisms. **Physiological Reviews**, n. 88. p. 287-332, 2008.
- AQUINO, D. C.; NAVARRO, A. C.; NAVARRO, F. Os efeitos do bicarbonato de sódio na concentração de lactato e na performance de corredores de meio-fundo e fundo. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, São Paulo, v. 3. n. 16, p. 412-424, jul./ago. 2009.
- ARTIOLI, G. G.; GUALANO, B.; FRANCHINI, E.; BATISTA, R. N.; POLACOW, V. O.; LANCHI, A. H. Physiological performance, and nutritional profile of the Brazilian Olympic Wushu(kung-fu) team. **Journal Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 1, p. 20-25, jan. 2009.
- BAKER, J. S.; McCORMICK, M. C.; ROBERGS, R. A. Interaction among skeletal muscle metabolic energy systems during intense exercise. **J Nutr Metab.**, p. 1-13, 2010.
- BASSAN, J. C. **Determinación de patrones bioquímicos em El deporte de combate de alto rendimiento.** 148 f. Tese (Doutorado em Ciencias de la Salud) – Universidad Católica San Antonio, Murcia, 2007.
- BÉNÉTEAU-BURNAT, B.; BOCQUE, M. C.; LORIN, A.; MARTIN, C, VAUBOURDOLLE, M. Evaluation of the blood gas analyzer Gem PREMIER 3000. **ClinChem Lab Med.**, v. 42, n. 1, p. 96-101, 2004.
- BEREND, K.; DE VRIES, A. P. J.; GANS, R. O. B. Physiological approach to assessment of acid-base disturbances. **N Engl J Med.**, n. 371, p. 1434-1445, 2014.
- BIRD, S. R.; LINDEN, M.; HAWLEY, J. A. Acute changes to biomarkers as a consequence of prolonged strenuous running. **Ann Clin Biochem.**, v. 51, n. 2, p. 137-150, 2014.
- BISHOP, P. E.; MARTINO, M. Blood lactate measurement in recovery as adjunct to training: practical considerations. **Sports Medicine**, v. 16, n. 1, p. 5-13, 1993.
- BLACK, K. E.; SKIDMORE, P. M.; BROWN, R. C. Energy intakes of ultraendurance cyclists during competition, an observational study. **Int J Sport Nutr Exerc Metab.**, v. 22, n. 1, p. 19-23, 2012.
- BROWN, B.; EILERMAN, B. Understanding Blood Gas Interpretation. **Newborn and Infant Nursing Reviews**, v. 6, n. 2, p. 57-62, 2006.
- BRAMBLE, M.; DENNIS, E.; LIEBERMAN, D. Endurance running and the evolution of Homo. **Nature**, v. 432, p. 345-352, 2004.

CHIN, L. M. K.; LEIGH, R. J.; HEIGENHAUSER, G. J. F.; ROSSITER, H. B.; PATERSON, D. H.; KOWALCHUK, J. M. Hyperventilation-induced hypocapnic alkalosis slows the adaptation of pulmonary O₂ uptake during the transition to moderate-intensity exercise. **J Physiol.**, v. 583, n. 1, p. 351-364, 2007.

CHATHAM, J. C. Lactate – The forgotten fuel! **J Physiol.**, v. 542, n. 2, p. 333, 2002.

CLEMENTE-SUÁREZ, V. J. Psychophysiological response and energy balance during a 14-h ultraendurance mountain running event. **Appl Physiol Nutr Metab.**, v. 40, n. 3, p. 269-273, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1139/apnm-2014-0263>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25693897/>. Acesso em: 13 jun. 2022.

COICEIRO, G. A.; COSTA, V. L. M. Ultramaratona: em busca do limite humano. **Rev Bras Ci Mov.**, v. 18, n. 3, p. 21-28, 2010.

DANTAS, J. L. *et al.* Determination of Blood Lactate Training Zone Boundaries With Rating of Perceived Exertion in Runners. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 2, p. 315-320, 2015. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000639. Disponível em: https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2015/02000/Determination_of_Blood_Lactate_Training_Zone.5.aspx. Acesso em: 13 jun. 2022.

DAVENPORT, H. W. **The ABC of acid-base chemistry: the elements of physiological blood-gas chemistry for medical students and physicians.** University of Chicago Press, 1974.

DE FREITAS, D. S.; MIRANDA, R.; BARA FILHO, M. Marcadores psicológico, fisiológico e bioquímico para determinação dos efeitos da carga de treino e do overtraining. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.**, v. 11, n. 4, p. 457-465, 2009.

DEL COSO, J. *et al.* Running pace decrease during a marathon is positively related to blood markers of muscle damage. **PloS ONE**, v. 8, n. 2, p. e57602, 2013.

DESCRITORES EM CIÊNCIAS DA SAÚDE (DeCS). ed. rev. e ampl. São Paulo: BIREME / OPAS / OMS, 2017. Disponível em: <http://decs.bvsalud.org>. Acesso em: 10 fev. 2022.

DEVLIN, T. M. **Manual de bioquímica com correlações clínicas.** São Paulo: Blucher, 2011.

DIAZ-GARZON, J. *et al.* Biological variation of venous acid-base status measurands in athletes. **Clinica Chimica Acta; International Journal of Clinical Chemistry**, v. 523, 497-503, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.cca.2021.11.001>. Disponível em: <https://sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0009898121003843?via%3Di> hub. Acesso em: 13 jun. 2022.

EICHENBERGER, E.; KNECHTLE, B.; RÜST, C. A.; ROSEMAN, T.; LEPERS, R. Age and sex interactions in mountain ultramarathon running – the Swiss Alpine Marathon. **J Sports Med.**, n. 3, p. 73-80, 2012.

ÉVORA, P. R. B; GARCIA, L. V. Equilíbrio ácido-base. **Medicina (Ribeirão Preto)**, v. 41, n. 3, p. 301-311, 2008.

FACEY, A.; IRVING, R.; DILWORTH, L. Overview of Lactate Metabolism and the Implications for Athletes. **Am J Sports SciMed.**, v. 1, n. 3, p. 42-46, 2013.

FERGUSON, B. S. *et al.* Lactate metabolism: historical context, prior misinterpretations, and current understanding. **Eur J Appl Physiol**, n. 118, p. 691-728, 2018.

FERNANDES, P. **Análise das alterações agudas eletroquímicas e do distúrbio ácido-básico em competidoras de ultramaratona de montanha durante uma prova de 45 km.** 56 f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

FERREIRA, L. dos S. **Modelagem eletroquímica e do distúrbio ácido-básico em atletas de karatê participantes do campeonato mundial WKO 2014.** 52 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

FORNASIERO, A.; SAVOLDELLI, A.; FRUET, D.; BOCCIA, G.; PELLEGRINI, B.; SCHENA, F. Physiological intensity profile, exercise load and performance predictors of a 65-km mountain ultra- marathon. **J Sports Sci.**, v. 36, n. 11, p. 1287-1295, 2017.

FRANCHINI, E. **Fisiologia do exercício intermitente e de alta intensidade.** São Paulo: Phorte, 2014.

GILSANZ, L.; LÓPEZ-SEOANE, J.; JIMÉNEZ, S. L.; PAREJA-GALEANO, H. Effect of β -alanine and sodium bicarbonate co-supplementation on the body's buffering capacity and sports performance: A systematic review. **Crit Rev Food Sci Nutr.**, n. 9, p. 1-14, Dec. 2021.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica.** 12. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 851, 2011. (Cap. 67).

HANSON, P.; CLAREMONT, A.; DEMPSEY, J.; REDDAN, W. Determinants and consequences of ventilatory responses to competitive endurance running. **J Appl Physiol.**, v. 52, n. 3, p. 615-623, 1982.

HOLFELDER, B.; BROWN, N.; BUBECK, D. The influence of sex, stroke and distance on the lactate characteristics in high performance swimming. **PLoS ONE**, v. 8, n. 10, p. e77185, 2013.

HOPKINS, E.; SHARMA, S. **Physiology, Acid Base Balance.** Stat Pearls [Internet]. TreasureIsland (FL): Stat Pearls Publishing, 2018.

HOPPEL, F *et al.* Physiological and Pathophysiological Responses to Ultramarathon Running in Non-elite Runners. **Frontiers in physiology**, v. 10 1300, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01300>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6843057/>. Acesso em: 13 jun. 2022.

JASTRZEBSKI, Z.; ZYCHOWSKA, M.; JASTRZEBSKA, M.; PRUSIK, K.; KORTAS, J.; RATKOWSKI, W. *et al.* Changes in blood morphology and chosen biochemical parameters in ultra-marathon runners during a 100-km run in relation to the age and speed of runners. **Int. J. Occup. Med. Environ Health**, n. 29, p. 801-814, 2016.

JASTRZEBSKI, Z.; ZYCHOWSKA, M.; KONIECZNA, A.; RATKOWSKI, W.; RADZIMINSKI, L. Changes in the acid-base balance and lactate concentration in the blood in amateur ultramarathon runners during a 100-km run. **Biol Sport**, v. 32, n. 3, p. 261-265, 2015.

KIM, H. J.; LEE, Y. H.; KIM, C. K. Biomarkers of muscle and cartilage damage and inflammation during a 200 km run. **Eur J Appl Physiol.**, v. 99, n. 4, p. 443-447, 2007.

KNECHTLE, B. Ultramarathon runners: nature or nurture? **Int J Sports Physiol Perform.**, v. 7, n. 4, p. 310-312, 2012.

KNECHTLE, B.; KNECHTLE, P.; WIRTH, A.; RUST, C. A.; ROSEMAN, T. A faster running speed is associated with a greater body weight loss in 100-km ultramarathoners. **J Sports Sci.**, v. 30, n. 11, p. 1131-1140, 2012.

KNECHTLE, B.; NIKOLAIDIS, P. T. Physiology and pathophysiology in ultramarathon running. **Front. Physiol.**, n. 9, p. 634, 2018.

KRABAK, B. J.; WAITE, B.; LIPMAN, G. Injury and illnesses prevention for ultramarathoners. **Curr Sports Med Rep.**, v. 12, n. 3, p. 183-189, 2013.

LOPES, R. F.; OSIECKI, R.; RAMA, L. M. P. L. Resposta da frequência cardíaca e da concentração de lactato após cada segmento do triathlon olímpico. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 18, n. 3, p. 158-160, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-86922012000300003>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbme/a/Y6tMwmCXy6NZVRZQ4NBMBvN/?lang=pt>. Acesso em: 13 jun. 2022.

MANHÃES, A. M. P.; DA CRUZ, I. C. F. Management of acid-base equilibrium in patients with septic shock-Systematic Literature Review. **Journal of Specialized Nursing Care**, v. 4, n. 1, 2011.

MASORO, E. J.; SIEGEL, P. D. **Equilíbrio ácido-básico: fisiologia, fisiologia patológica e interpretação de análises de gases no sangue**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1979.

MAUGHAN, R. J.; SHIRREFFS, S. M.; LEIPER, J. B. Errors in the estimation of hydration status from changes in body mass. **J Sports Sci**, n. 25, p. 797-804, 2007.

MEI-DAN, O.; CARMONT, M. R. **Adventure and Extreme Sports Injuries Epidemiology, Treatment, Rehabilitation and Prevention**, London; New York: Springer; 2013.

MILLET, G. P.; MILLET, G. Y. Ultramarathon is an outstanding model for the study of adaptive responses to extreme load and stress. **BMC Medicine**, v. 10, n. 77, p. 1-3, 2012.

MRAKIC-SPOSTA, S. *et al.* Effects of Mountain Ultra-Marathon Running on ROS Production and Oxidative Damage by Micro-Invasive Analytic Techniques. **PloS One**, v. 10, n. 11, p. e014178, 2015.

MOOREN, F. C.; KLAUS, V. **Fisiologia do exercício molecular e celular**. São Paulo: Santos, 2012.

MORRIS, C. G.; LOW, J. Metabolic acidosis in the critically ill: part 1. Classification and pathophysiology. **Anaesthesia**, v. 63, n. 3, p. 294-301, 2008.

MOURAD, O.; HOSSAM, H.; ZBYS, F.; AHMED, E. Rayyan – a web and mobile app for systematic reviews. **Systematic Reviews**, n. 5, p. 210, 2016. DOI: 10.1186/s13643-016-0384-4.

MUELLER, S. M.; GEHRIG, S. M.; FRESE, S.; WAGNER, C. A.; BOUTELLIER, U.; TOIGO, M. Multiday acute sodium bicarbonate intake improves endurance capacity and reduces acidosis in men. **J Int Soc Sports Nutr.**, v. 10, n. 16, p. 1-9, 2013.

NIELSEN, J. J. *et al.* Effect of high-intensity intermittent training on potassium kinetics and performance in human skeletal muscle. **J Physiol.**, v. 554, n. 3, p. 857-870, 2003.

OLIVOTO, R. R. *et al.* Fadiga: revisão integrativa com base nos conceitos de fisiologia, bioquímica e biofísica. **Ciência em Movimento**, v. 22, n. 43, p. 35-51, 2020.

PELICER, F. R.; HIGINO, W. P.; HORITA, R. Y.; MEIRA, F. C.; ALVES, A. P. A Influência da Fadiga Neuromuscular e da Acidose Metabólica Sobre a Corrida de 400 Metros. **Rev Bras Med Esporte**, v. 17, n. 2, p. 127-131, 2011.

PLOWMAN, S. A.; SMITH, D. E. L. **Fisiologia do exercício para a saúde, aptidão e desempenho**. Rio de Janeiro: Koogan, 2010.

POSTERINO, G. S.; DUTKA, T.; LAMB, G. D. L (+)-lactate does not affect twitch and tetanic responses in mechanically skinned mammalian muscle fibres. **Pflügers Arch.**, v. 442, n. 2, p. 197-203, 2001.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. **Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. 8. ed. Barueri: Manole, 2014.

PROIA, P.; DI LIEGRO, C. M.; SCHIERA, G.; FRICANO, A.; DI LIEGRO, I. Lactate as a Metabolite and a Regulator in the Central Nervous System. **Int J Mol Sci.**, v. 17, n. 9, p. e1450, 2016.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**. Vienna: Austria, 2022. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 23 abr. 2022.

RAMOS-CAMPO, D. J.; ÁVILA-GANDIA, V.; ALACID, F.; SOTO-MÉNDEZ, F.; ALCARAZ, P. E.; ANDLÓPEZ-ROMAN, F. J. Muscle damage, physiological changes and energy balance in ultra- endurance mountain event athletes. **Appl Physiol Nutr Metab.**, n. 41, p. 872-878, 2016.

RASSAEI, L. *et al.* Biosensores de lactato: status atual e perspectiva. **Anal Bioanal Chem.**, n. 406, p. 123-137, 2014.

REGULAMENTO ULTRAMARATONA DOS PERDIDOS. 2017. Disponível em: <https://docplayer.com.br/75762111-Regulamento-ultramaratona-dos-perdidos-2017.html>. Acesso em: 20 de maio 2022.

REZENDE, P. E. N.; SANTOS, W. S.; DE SOUZA, R. F. Corrida de montanha: resposta do lactato em diferentes níveis de dificuldade. **Caderno de Graduação-Ciências Biológicas e da Saúde-UNIT**, v. 3, n. 2, p. 111-118, 2016.

RIELLA, M. C. **Princípios de nefrologia e distúrbios hidroelétrólíticos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

SAUGY, J.; PLACE, N.; MILLET, G. Y.; DEGACHE, F.; SCHENA, F.; MILLET, G. P. Alterations of neuromuscular function after the world's most challenging mountain ultra-marathon. **PLoS ONE**, v. 8, n. 6, p. e65596, 2013.

SEKUNDA, N. Marathon 490 BC. **Osprey Publishing**, 2010.

SHAKHIH, M. F. M.; ROSSLAN, A. S.; NOOR, A. M.; RAMANATHAN, S.; LAZIM, A. M.; WAHAB, A. A. Review-Enzymatic and Non-Enzymatic Electrochemical Sensor for Lactate Detection in Human Biofluids. **Journal of the electrochemical society**, v. 168, p. i6. 2021.

SHIN, K. A.; PARK, K. D.; AHN, J.; PARK, Y.; KIM, Y. J. Comparison of changes in biochemical markers for skeletal muscles, hepatic metabolism, and renal function after three types of long-distance running: observational study. **Medicine**, n. 95, p. e3657, 2016.

SILVA, S. G.; MINATO, G.; FARES, D.; SANTOS, S. G. Caracterização da pesquisa. *In*: SANTOS, S. G. (org.). **Métodos e técnicas de pesquisa quantitativa aplicada à educação física**. Florianópolis: Tribo da Ilha. p. 67-70, 2011.

SMITH, C.; MARKS, A. D.; LIEBERMAN, M. **Bioquímica Médica Básica de Marks: uma abordagem clínica**. Porto Alegre: Artmed, 2007.

STICKLAND, M. K. *et al.* Pulmonary gas exchange and acid-base balance during exercise." **Comprehensive Physiology**, v. 3, n. 2, p. 693-739, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1002/cphy.c110048>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8315793/#R250>. Acesso em: 13 jun. 2022.

SVEDAHL, K.; MACINTOSH, B. R. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v.28, n. 2, p. 299-323, 2003.

TIAN, Y.; TONG, T. K.; LIPPI, G.; HUANG, C.; SHI, Q.; NIE, J. Renal function parameters during early and late recovery periods following an all-out 21-km run in trained adolescent runners. **Clin. Chem. Lab. Med.**, n. 49, p. 993-997, 2011.

TRAIPEM, N.; GATTERER, H.; BURTSCHER, M. Plasma electrolyte and hematological changes after marathon running in adolescents. **Med. Sci. Sports Exerc.**, n. 45, p. 1182-1187, 2013.

VERNILLO, G.; RINALDO, N.; GIORGI, A.; ESPOSITO, F.; TRABUCCHI, P.; MILLET, G. P. Changes in lung function during an extreme mountain ultramarathon. **Scand J Med Sci Sports**, v. 25, n. 4, p. e374-380, 2014.

WASSERMAN, K.; HANSEN, J. E.; SUE, D.; WHIPP, B. J.; CASABURI, R. **Principles of exercise testing and interpretation**. Filadélfia: Lippincott Williams & Wilkins, 1999.

WASKIEWICZ, Z.; KŁAPCIŃSKA, B.; SADOWSKA-KRĘPA, E.; CZUBA, M.; KEMPA, K.; KIMSA, E.; GERASIMUK, D. Acute metabolic responses to a 24-h ultra-marathon race in male amateur runners. **Eur J Appl Physiol.**, v. 112, n. 5, p. 1679-1688, 2012.

WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. **Fisiologia do esporte e do exercício**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2013.

WICK, J. Y. Immobilization hypercalcemia in the elderly. **Consult Pharm.**, v. 22, n. 11, p. 892-905, 2007.

ZANCHI, D.; VIALON, M.; LE GOFF, C.; MILLET, G. G. P.; GIARDINI, G.; CROISILLE, P. Extreme mountain ultra-marathon leads to acute but transient increase in cerebral water diffusivity and plasma biomarkers levels changes. **Front Physiol.**, v. 7, n. 664, p. 1-10, 2017.

ANEXOS

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Por favor, leia com atenção as informações contidas abaixo antes de dar o seu consentimento para participar deste estudo.

Este é um convite formal para que você participe voluntariamente da pesquisa intitulada: **Estudo da correlação de parâmetros biomoleculares em corredores de longas distâncias**. As informações presentes neste documento são para que você entenda os objetivos e saiba sobre sua participação na pesquisa. Esclarecimentos e eventuais dúvidas durante a leitura do documento, assim como antes, durante e após o término do estudo consulte o pesquisador responsável Marcelo Romanovitch Ribas. Se após a leitura deste documento concordar com os procedimentos metodológicos, pedimos sua assinatura ao final do documento e também sua rubrica em todas as páginas do mesmo.

Favor verificar se você se enquadra nos critérios de inclusão do presente estudo: participante de Corrida de Montanha com experiência de duas (2) provas acima de 21 km e uma (1) acima de 42 km entre os anos de 2015 e 2016, e possuir idade igual ou superior a 18 anos. Como critérios de exclusão, serão adotados os seguintes: a) atletas que não assinem o termo de consentimento livre e esclarecido; b) atletas que não completarem a prova no tempo limite de 11h00min; c) não realizar a coleta de sangue pré e pós prova; d) apresentar alguma patologia.

Esta pesquisa se justifica pelo fato da corrida de montanha estar ganhando novos adeptos diariamente, tanto para a prática recreacional quanto de rendimento. No entanto estudos que podem trazer novas informações sobre o perfil dos praticantes da modalidade, não acompanham esta demanda. Sabendo que o sucesso esportivo é resultado do treinamento, nutrição, fatores psicológicos e também atributos genéticos, presente pesquisa tem por objetivo traçar o perfil genotípico para os genes: Alfa Actina3 (ACTN3), Enzima Conversora de Angiotensina (ECA) e Creatina Quinase (CK), além de verificar as alterações agudas eletroquímicas e do distúrbio ácido básico em corredores de montanha de longa distância. Dessa maneira, a pesquisa colaborará como conhecimento científico servindo como referência para futuras pesquisas na corrida de montanha.

Caso tenha interesse em participar da pesquisa, você será submetido a duas coletas de dados em momentos distintos, sendo uma pré e outra após a corrida. A primeira coleta será realizada dois dias antes da competição e contará com os seguintes passos: 1) Preenchimento de um questionário; 2) Coleta salivar, método para determinação do genótipo para os genes ACTN3, ECA e CK; 3) Coleta sanguínea para análise dos componentes eletroquímicos e ácido básico, sendo analisados os seguintes parâmetros: pH, pCO₂, pO₂, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Lactato, glicose, excesso de base, hematócrito e HCO₃⁻; 4) Avaliação antropométrica, sendo mensurada massa corporal, estatura e composição corporal por meio da bioimpedância. Já a segunda coleta de dados, que será feita logo após o término da prova, contará com: 1) Avaliação antropométrica e 2) Coleta sanguínea.

Fui alertado que, da pesquisa a ser realizar, é possível desconforto ou risco como: Uma leve picada no dedo para coletar o meu sangue, bem como risco de infecções. Porém para evitar tais desconfortos e risco todos os dados serão coletados por enfermeiras capacitados e será usado material estéril descartável, fato que minimiza os riscos de infecções. Em relação aos benefícios gerados receberei os resultados dos genótipos para os genes ACTN3, ECA e CK, dados pré e pós-competição dos marcadores bioquímicos e da composição corporal que serão investigados. Tais dados podem auxiliar no planejamento do treinamento físico. No que diz respeito aos benefícios gerados para os acadêmicos, a pesquisa contribuirá não apenas para conhecimento científico, mas também para a elaboração de programas de promoção a saúde desta população. Embora, muitas vezes o participante voluntário da pesquisa não seja beneficiado diretamente com os resultados obtidos, seus dados serão importantes para o avanço científico.

Caso queira entrar em contato com o comitê de ética, responsável pela aprovação desta pesquisa, poderá contatar o Comitê de Ética e pesquisa da Faculdade Dom Bosco pelo telefone (41) 3218-5582, e-mail: cep@dombosco.sebsa.com.br. O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) é um colegiado interdisciplinar e independente, com “munus público”, que existe nas instituições que realizam pesquisas envolvendo seres humanos no Brasil, criado para defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos (Normas e Diretrizes Regulamentadoras da Pesquisa Envolvendo Seres Humanos - Res. CNS n.º 466/12).

A sua participação neste estudo é voluntária. Contudo, se você não quiser mais fazer parte da pesquisa tem liberdade para aceitar ou recusar a participação, agora, ou em qualquer momento, e poderá solicitar de volta o termo de consentimento livre esclarecido assinado. Caso você sofra qualquer tipo de dano resultante da metodologia apresentada nesta pesquisa, prevista no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, você terá direito à indenização prescrita por lei. As despesas necessárias para a realização da pesquisa, não são de sua responsabilidade e pela sua participação no estudo você não receberá qualquer valor em dinheiro.

As informações relacionadas ao estudo poderão ser inspecionadas pelos responsáveis que executam a pesquisa e pelas autoridades legais. No entanto, se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, isto será feito de maneira codificada, para que sua privacidade seja respeitada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, lhe identificar, será mantido em sigilo, a fim de evitar tipo de discriminação e/ou estigmatização, individual ou coletiva.

Eu, _____, portador do CPF _____, declaro que li o texto acima e compreendi a natureza e objetivo do estudo do qual fui convidado a participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios do estudo. Eu entendi também que sou livre para interromper a investigação do projeto e para encerrar a minha própria participação no estudo a qualquer momento, sem precisar justificar minha decisão. Eu **CONCORDO VOLUNTARIAMENTE** em participar deste estudo.

Curitiba, ____ de _____ de 20 ____.

Pesquisador: Marcelo Romanovitch Ribas, CPF – 018.791.059-69.

OBS: este documento deve conter duas vias iguais, sendo uma pertencente ao pesquisador e outra ao participante de pesquisa.

APÊNDICE B – Parecer Consubstanciado do CEP

FACULDADE DOM BOSCO/ PR



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ALTERAÇÕES ELETROQUÍMICAS E DO DISTÚRBITO ÁCIDO BÁSICO INDUZIDO POR UMA ULTRAMARATONA DE MONTANHA

Pesquisador: MARCELO ROMANOVITCH RIBAS

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 70274017.1.0000.5223

Instituição Proponente: Faculdades Dom Bosco/ PR

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.147.225

Apresentação do Projeto:

As corridas em montanha estão se tornando cada vez mais populares e atraindo mais adeptos. Serão analisados 40 atletas, 20 atletas do sexo masculino e 20 atletas do sexo feminino que irão competir na Ultramaratona dos Perdidos realizada no Brasil.

Objetivo da Pesquisa:

Analisar as alterações agudas eletroquímicas e do distúrbio acidobásico em competidores de corrida de montanha de longa distância.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos

Os riscos presentes na realização deste estudo estão relacionados à coleta da amostra sanguínea, tais como sensação de dor moderada no local da punção, sangramento excessivo e baixo risco de infecção, os quais são passíveis de controle por meio de medidas preventivas, para isso serão utilizados materiais esterilizados e descartáveis para a punção (agulhas, seringas e luvas), assepsia prévia do local a ser puncionado por meio da utilização de álcool 70%. Para prevenção da formação de hematoma todos os indivíduos terão o local da punção comprimido de forma adequada ao ser retirada a agulha.

Endereço: Rua Paulo Martins, 332

Bairro: Mercês

CEP: 80.710-010

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3218-5582

Fax: (41)3218-5559

E-mail: cep@dombosco.sebsa.com.br

Continuação do Parecer: 2.147.225

Benefícios

Como benefício os participantes da pesquisa receberam os resultados pré-competição e pós-competição com os marcadores bioquímicos auxiliando o atleta a otimizar seu planejamento de treino.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O tema apresenta relevância científica.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos obrigatórios foram apresentados.

Recomendações:

Recomenda-se a aprovação do projeto.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Todos os itens obrigatórios foram apresentados e estão de acordo com a Resolução 466/2012.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P ROJETO_946623.pdf	27/06/2017 08:52:19		Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	autorizacaolocal.pdf	27/06/2017 08:51:58	MARCELO ROMANOVITCH RIBAS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projetonelson2006.docx	21/06/2017 10:37:13	MARCELO ROMANOVITCH RIBAS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	termonelson2106.docx	21/06/2017 10:36:54	MARCELO ROMANOVITCH RIBAS	Aceito
Folha de Rosto	folhaderostonelson2106.docx	21/06/2017 10:32:35	MARCELO ROMANOVITCH RIBAS	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Rua Paulo Martins, 332
Bairro: Mercês **CEP:** 80.710-010
UF: PR **Município:** CURITIBA
Telefone: (41)3218-5582 **Fax:** (41)3218-5559 **E-mail:** cep@dombosco.sebsa.com.br

FACULDADE DOM BOSCO/ PR 

Continuação do Parecer: 2.147.225

CURITIBA, 29 de Junho de 2017

Assinado por:
RENATA WASSMANSDORF
(Coordenador)

Endereço: Rua Paulo Martins, 332
Bairro: Mercês **Município:** CURITIBA **CEP:** 80.710-010
UF: PR **Telefone:** (41)3218-5582 **Fax:** (41)3218-5559 **E-mail:** cep@dombosco.sebsa.com.br