

## COMPORTAMENTO ELETROQUÍMICO EM NADADORES CANDIDATOS ÀS OLIMPIADAS DE 2016

C. D. Andrade Júnior\*, L.S. Adriano Junior\*\*, C.E. Orsso\*\*, L. S. Ferreira\* e J. C. Bassan\*

\*Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica UTFPR, Curitiba/PR, Brasil

\*\*Laboratório de Densitometria Óssea e Fisiologia do Exercício, UTFPR, Curitiba/PR, Brasil

e-mail: juniorcassio1004@gmail.com

**Resumo:** Diversas variáveis são utilizadas no acompanhamento de atletas de rendimento. O comportamento eletroquímico tem sido estudado por apresentar relações no processo de fadiga, interferindo no desempenho desportivo. O objetivo deste estudo foi analisar o comportamento eletroquímico em nadadores candidatos às Olimpíadas de 2016. A amostra foi composta por 10 atletas de alto rendimento. Para análise do comportamento eletroquímico foi realizada a coleta de sangue capilar com capacidade de 200µl, utilizando o equipamento GEM Premier 3000. A análise dos dados foi feita por meio de média e desvio padrão. A significância foi avaliada por meio do teste t de *student* pareado, considerando 95% de significância. De acordo com a análise dos dados, os eletrólitos apresentaram alterações significativas nas suas concentrações séricas. O potássio (K<sup>+</sup>) foi o eletrólito que apresentou maior variação significativa durante o protocolo, apresentando reduções em seus níveis logo após o aquecimento. O sódio (Na<sup>+</sup>) e o cálcio (Ca<sup>2+</sup>) se comportaram de maneira estável, porém ambos aumentaram sua concentração após o esforço e tiveram uma queda após os cinco e dez minutos da realização do protocolo, respectivamente. Os dados indicam que a intensidade máxima provoca comportamentos distintos entre os eletrólitos analisados. O comportamento de padrões bioquímicos contribui significativamente para aperfeiçoar o rendimento e estender a vida esportiva dos atletas.

**Palavras-chave:** bioquímica, treinamento desportivo, eletrólitos, alto rendimento esportivo.

**Abstract:** Several variables are used to control and monitor elite athletes. The electrochemical behavior has been studied because it presents relations to the fatigue process, interfering with sport performance. The objective of this study was to analyze the electrochemical behavior of swimmers who are candidates to the Olympic Games 2016. The subject sample size was made of 10 high performance athletes. To analyze the electrochemical behavior, a capillary blood test was performed with a capacity of 200µl, using the GEM Premier 3000 as equipment. The data was analyzed using average and standard deviation a statistical measures. The significance was evaluated using student's paired t test with a significance of 95%. According the data analysis, the electrolytes have presented significant changes in their serum

concentrations. Potassium (K<sup>+</sup>) was the electrolyte which presented higher variation during the test, decreasing its levels right after the warm-up exercise. Sodium (Na<sup>+</sup>) and calcium (Ca<sup>2+</sup>) behaved stably. However, both of them increased their concentrations after the exercise, and decreased after five to ten minutes of the exercise, respectively. The data suggests that the usage of maximal intensity can cause different behaviors among the analyzed electrolytes. The biochemical pattern's behavior contributes significantly to improve the performance and extend the athlete's sporting life.

**Keywords:** biochemistry, sports training, electrolytes, exercise physiology, sports high performance.

### Introdução

No esporte de rendimento, o sucesso do atleta pode ser obtido pelo minucioso controle e acompanhamento de um conjunto de variáveis interligadas, sendo mais comumente citado o treinamento e a alimentação [1]. Quando se objetiva a elaboração das cargas de treinamento o devido controle é possível obter por meio de monitoramento de avaliações bioquímicas, estes dados potencializam o desempenho do atleta, a saúde e maximizam sua carreira desportiva. Nesta esteira se torna viável elaborar e programar suas cargas de trabalho, almejando melhores resultados. Não menos importante é manter o desempenho máximo esportivo pelo maior tempo do atleta, então a compreensão do perfil bioquímico e das relações contidas nele, é o foco de diversas pesquisas atualmente [2] [3] [4] [5].

Estudos apresentam que durante o exercício intenso o aparecimento da fadiga é inevitável e, ao longo de um evento esportivo, esse processo deve ser retardado ou minimizado [6] [7] [8]. Por ser multifatorial [9], a fadiga parece inicialmente se relacionar com o estado da acidose metabólica, que ao apresentar uma alta concentração de íons de hidrogênio (H<sup>+</sup>), diminui o desempenho do atleta [10]. Estudos apontam que a fadiga pode ocorrer devido a uma redução de potássio (K<sup>+</sup>) no interior da célula muscular durante o exercício intenso. Tal fato também acarretaria na liberação deficiente de cálcio (Ca<sup>2+</sup>) pelo retículo sarcoplasmático e inibiria a ligação dos filamentos de actina e miosina [11] [7] [9]. Sendo assim, fica evidente a importante relação entre o equilíbrio eletrolítico, acidose metabólica e fadiga.

O comportamento de eletrólitos foi analisado em estudo [12], assim como a influência da frequência de treino nas concentrações de eletrólitos [13]. Porém, apesar da variedade de trabalhos que discutem a importância dos eletrólitos no esporte, não existem perfis definidos de tais concentrações entre atletas. Para tanto, se faz necessário a realização de estudos que auxiliem nesta discussão.

Com o intuito de auxiliar no desenvolvimento das temáticas discutidas, este estudo objetiva analisar o comportamento eletrolítico de atletas candidatos às Olimpíadas de 2016 por meio de análise de sangue durante uma simulação de uma competição.

## Materiais e métodos

**Seleção da amostra** – A amostra consistiu de 10 melhores nadadores (6 meninas e 4 meninos) da equipe juvenil de alto rendimento de um renomado clube do Estado (PR). Os próprios atletas e, quando necessário, os responsáveis assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ou Termo de Assentimento Livre e Esclarecido, concordando em participar da pesquisa. Este artigo foi realizado após aprovação de projeto no Comitê de Ética em Pesquisa, de acordo com o CAEE 27951414.0.0000.5223.

**Protocolo de avaliação** – A avaliação consistiu na realização de um “tiro” de 200 m a máxima velocidade em uma piscina de 25 m de comprimento. Os atletas fizeram o teste após um período médio de aquecimento de 30 minutos que foi realizado segundo as orientações do respectivo técnico. O estilo foi definido de acordo com a especialidade de cada atleta

**Coleta sanguínea** – Os procedimentos de coleta de sangue foram feitos em uma sala próxima à borda da piscina. Foi coletado sangue capilarizado da polpa dos dedos das mãos, utilizando lanceta descartável esterilizada e tubo capilar heparinizado com capacidade de 200µl, respeitando as normas descritas por Bishop e Martino [14].

A coleta sanguínea foi realizada em cinco momentos. (1) Repouso, antes de o atleta entrar na piscina; (2) Pós-aquecimento de 30 minutos; (3) Pós-esforço, imediatamente após a realização do protocolo; (4) Após 5 minutos corridos do término do protocolo; (5) Após 10 minutos corridos do término do protocolo. Foi utilizado Aparelho de gasometria *GEM Premier 3000*. Os eletrólitos analisados foram  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Ca}^{2+}$ .

**Condições ambientais** – Houve o monitoramento da temperatura e humidade do ar. Todos os sujeitos da pesquisa estavam em fase de treinamento preparatória com o objetivo de obter índice olímpico. Sendo assim, não houve intervenção/controle dos fatores nutricionais, respeitando a rotina normal do atleta.

**Estatística** – Os dados foram analisados por medidas de posição e dispersão (média e desvio padrão). Para verificar a significância, foi utilizado teste t de *student* pareado, considerando 95% de significância.

## Resultados

Os resultados expressos nas tabelas abaixo se referem à média e desvio padrão da concentração sanguínea dos componentes analisados.

As alterações na concentração sanguínea de sódio ( $\text{Na}^+$ ) são expressas pela figura 1. Não houve diferença significativa ( $p>0,05$ ) em grande parte dos momentos analisados. Porém, foi encontrado um aumento de concentração significativo no momento ‘pós-esforço’ comparado com ‘pós-aquecimento’ ( $p<0,05$ ) e uma redução significativa entre o momento ‘após 5 minutos’ quando comparado com ‘após 10 minutos’ ( $p<0,05$ ).

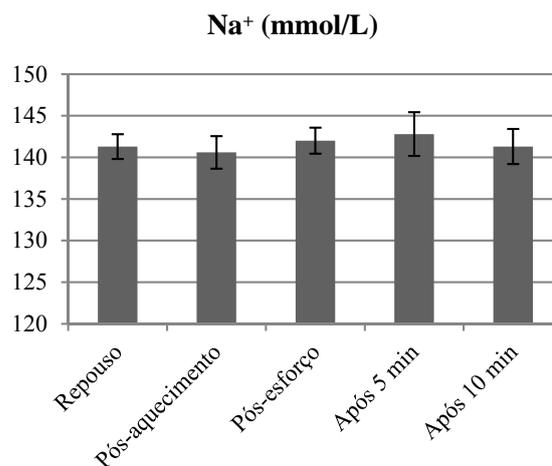


Figura 1: As concentrações de sódio ( $\text{Na}^+$ ) apresentaram um aumento significativo ‘pós-esforço’ e uma redução significativa entre os momentos ‘após 5 minutos’ e ‘após 10 minutos’ da realização do protocolo, não havendo alterações significativas nos demais momentos.

O comportamento do potássio ( $\text{K}^+$ ) está expresso na figura 2. Houve redução significativa na concentração de  $\text{K}^+$  na maioria dos momentos ( $p<0,05$ ). No entanto, não houve o mesmo comportamento nos momentos ‘pós-aquecimento’ comparados com ‘pós-esforço’ e ‘após 5 minutos’, onde há reduções menos significantes ( $p>0,05$ ). Também é possível observar um aumento significativo ( $p<0,001$ ) ao comparar os momentos de ‘após 5 minutos’ e ‘após 10 minutos’.

As concentrações de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) são apresentadas pela figura 3. Observa-se que após o aquecimento houve uma redução significativa ( $p<0,001$ ) comparado com os valores de repouso, além de um aumento significativo após o esforço quando comparado com os valores após o aquecimento ( $p<0,01$ ). Houve também redução significativa na concentração após 5 minutos e após 10 minutos comparando com os valores após o esforço ( $p<0,01$ ).

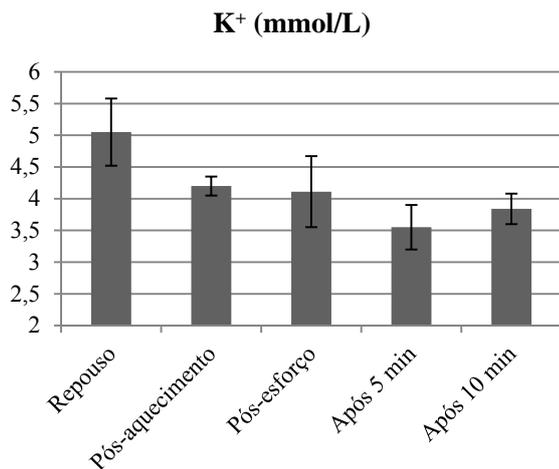


Figura 2: As concentrações de potássio ( $K^+$ ) apresentaram reduções significativas após o aquecimento e após 5 minutos, seguido por um aumento significativo após 10 minutos da realização do protocolo.

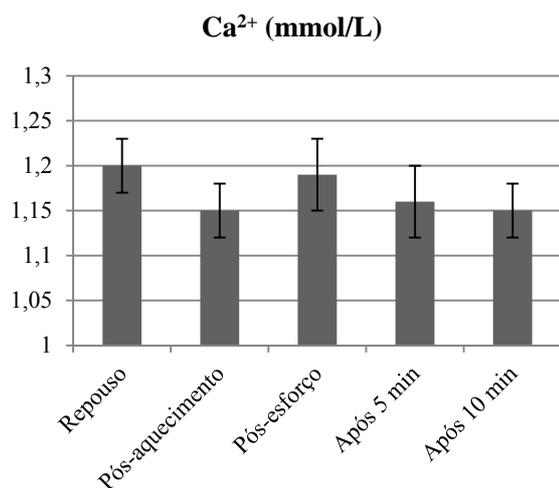


Figura 3: O comportamento da concentração de  $Ca^{2+}$  apresentou reduções significativas ‘após o aquecimento’ e ‘após 5 minutos’ da realização do protocolo, ainda tendo um aumento significativo na concentração ‘após o esforço’.

## Discussão

As concentrações de  $Na^+$  e  $K^+$  foram analisadas por se tratar de sua importância na ação muscular, como também cátions fundamentais para a eletroquímica da vida [13] [15]. Além disso, o  $K^+$  tem ação importante na contração muscular e fadiga [2] [16]. As concentrações de  $Ca^{2+}$  foram analisadas por se tratar de um importante componente nas funções metabólicas [13]. O  $Ca^{2+}$  age como um fundamental sinalizador do sistema energético além de desempenhar importantes funções na contração muscular [17]. Dentre os eletrólitos avaliados, o  $K^+$  foi o que apresentou maior alteração entre as fases de coleta.

Segundo Doker et al. [13], as variáveis avaliadas neste estudo, com adição do magnésio ( $Mg^+$ ), são essenciais para a vida. Os autores avaliaram 14 nadadores de elite, 11 amadores e 10 sedentários, com objetivo de entender as adaptações que diferentes frequências de treinamento geram nos indivíduos. Os autores afirmam que tais concentrações devem ser analisadas frequentemente visando prevenir danos à saúde dos atletas. Mesmo que o esforço físico induza a uma elevada perda de  $Na^+$  por meio da sudorese [12], os resultados deste estudo sugerem que tal fato não afetou as concentrações séricas. Em contraste, houve um aumento significativo imediatamente após o esforço, seguido de uma redução e estabilização semelhante aos valores de repouso. Becker et al. [12] corroboram para este estudo, ao citar que as concentrações séricas de  $Na^+$  mantiveram-se estáveis ao avaliar atletas de duatlo terrestre no calor.

No que se refere à perda de eletrólitos, Iaia et al. [2] citam o papel da bomba  $Na^+ - K^+$  como fundamental no melhor desempenho em exercícios de alta intensidade. O ACSM [18] recomenda que para a reposição de líquidos e minerais, deve ser ingerida quantidade semelhante à perdida.

As alterações de maior significância nos resultados apresentados foram referentes ao  $K^+$ . A concentração sérica deste íon reduziu significativamente de acordo com os valores de repouso, sugerindo que a redução iniciou no aquecimento. Tal fato corrobora com a pesquisa de Doker et al. [13], na qual nadadores de elite apresentaram concentração sanguínea de  $K^+$  significativamente menor após a realização de um protocolo de 800 metros de nado livre.

Como foi citado, o  $K^+$  juntamente com o  $Na^+$  tem papel fundamental no rendimento esportivo. Sendo assim, torna-se necessário entender os fatores que levaram a essa redução e quais os danos que poderia causar aos atletas. Os motivos poder ser justificado por meio da perda de  $K^+$  pela sudorese. Porém, em outro estudo observou-se que mesmo com a sudorese apresentando elevadas concentrações de  $K^+$ , não houve alterações na concentração sérica [12].

O comportamento do  $Ca^{2+}$  foi semelhante aos valores encontrados em um estudo anterior com nadadores de elite e amadores [13]. Houve um aumento significativo nos valores sanguíneos de  $Ca^{2+}$  imediatamente após o esforço.

Tal fato sugere uma compensação na concentração sérica de  $Ca^{2+}$  logo após o esforço. Isso pode ter ocorrido pela atividade do hormônio paratireoide (PTH), que é regulado pela concentração sérica de  $Ca^{2+}$  e fósforo [19]. Apesar de não ter sido feita análise hormonal neste estudo, os dados obtidos sugerem uma adaptação eficaz dos atletas avaliados, por conta da rápida compensação dos níveis séricos do  $Ca^{2+}$ . Tal fato possibilita afirmar que os sujeitos avaliados possuíam um elevado nível de treinabilidade por conta da facilidade em se adaptar às condições do esforço.

## Conclusão

Primeiramente temos que observar que há uma individualidade metabólica entre atletas que deve ser respeitada, bem como a influência genética de cada raça.

Os dados obtidos neste estudo sugerem, principalmente, que as concentrações séricas de  $K^+$  tendem a reduzir significativamente em atletas pós-esforço e para as concentrações de  $Na^+$  não alteram significativamente. Esses resultados nos levam a considerar que em atletas treinados, as concentrações de  $Ca^{2+}$  tendem a ser compensadas rapidamente após o esforço, mantendo os níveis semelhantes aos de repouso, muito provavelmente, para se contrapor aos efeitos deletérios da fadiga e da acidose metabólica.

A anuência com estudos semelhantes na literatura é de reportar, mas é oportuno especificar que ainda não há padrões específicos para brasileiros, aonde este trabalho se torna de grande valia para informar técnicos, treinadores e, conseqüentemente, aperfeiçoar o rendimento e salvar a saúde do atleta.

Cabe salientar que apesar da relevância deste trabalho, por inferir resultados diretamente obtidos da especificidade desportiva, um grande desafio para desporto nacional está em sobrepujar o elevado custo e a dificuldade estrutural para elaborar planilhas de controle com padrões bioquímicos de atletas de alto rendimento.

## Referências

- [1] Fuku N, Mikami E, Tanaka M. Association of mitochondrial DNA polymorphisms and/or haplogroups with elite Japanese athlete status. *J Phys Fitness Sports Med.* 2013; 2(1):17-27.
- [2] Iaia FM, Perez-Gomez J, Thomassen M, Nordsborg NB, Hellsten Y, Bangsbo J. Relationship between performance at different exercise intensities and skeletal muscle characteristics. *J Appl Physiol.* 2011; 110:1555-1563.
- [3] Machado MV, Júnior OA, Marques AC, Colantonio E, Cyrino ES, Mello MT. Effect of 12 weeks of training on critical velocity and maximal lactate steady state in swimmers. *European Journal of Sport Science.* 2011; 11(3):165-170.
- [4] Manna I, Khanna, GL. Effect of Training on Selected Biochemical Variables of Elite Male Swimmers. *American Journal of Sports Science and Medicine.* 2013; 1(2):13-16.
- [5] Vina J, Sanchis-Gomar F, Martinez-Bello V, Gomez-Cabrera MC. Exercise acts as a drug; the pharmacological benefits of exercise. *British Journal of Pharmacology.* 2012; 167:1-12.
- [6] Allen DG, Lamb GD, Westerblad H. Skeletal Muscle Fatigue: Cellular Mechanisms. *Physiological Reviews.* 2008; 88:287-332.
- [7] Russel C. Chronic versus acute ingestion of sodium citrate: a randomized placebo controlled cross-over trial for swimming 200 meters in well-trained swimmers age 13-17 [tese]. St. Catharines: Brock University; 2013.
- [8] Sigler JC, Gleadall-Siddall DO. Sodium bicarbonate ingestion and repeated swim sprint performance. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 2010; 24(11):3105-3111.
- [9] Sostaric SM. Alkalosis and digoxin effects on plasma potassium, ionic homeostasis and exercise performance in healthy humans [tese]. Melbourne: Victoria University; 2012.
- [10] Mero AA, Hirvonen P, Saarela J, Hulmi JJ, Hoffman JR, Stout JR. Effect of sodium bicarbonate and beta-alanine supplementation on maximal sprint swimming. *Journal of International Society of Sports Nutrition.* 2013; 10:52.
- [11] Nielsen JJ, Mohr M, Klarskov C, Kristensen M, Krstrup P, Juel C, Bangsbo J. Effect of high-intensity intermittent training on potassium kinetics and performance in human skeletal muscle. *Journal of Physiology.* 2003; 554.3:857-870.
- [12] Becker JF, Flores LM, Schneider CD, Laitano O. Perda de eletrólitos durante uma competição de duatlo terrestre no calor. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte.* 2011; 25(2):215-223.
- [13] Doker S, Hazar M, Uslu M, Okan I, Kafkas E, Bosgelmez II. Influence of training frequency on serum concentrations of some essential trace elements and electrolytes in male swimmers. *Biological Trace Element Research.* 2014; 158:15-21.
- [14] Bishop PE, Martino M. Blood lactate measurement in recovery as adjunct to training: practical considerations. *Sports Medicine.* 1993; 16(1):5-13.
- [15] Hirata NR, Vist P, Liberali R. Hiponatremia em atletas. *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva.* 2008; 2(12):462-471.
- [16] McNaughton LR, Siegler J, Midgley A. Ergogenic effects of sodium bicarbonate. *Current Sports Medicine Reports.* 2008; 7(4):230-236.
- [17] Guyton AC, Hall JE. *Tratado de fisiologia médica.* 11ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2006.
- [18] American College of Sports Medicine. ACSM's position stand: exercise and fluid replacement. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* Madison: 2007. 39(2):377-390.
- [19] Ferraz CM, Steluti J, Marchioni DML. As vitaminas e minerais relacionados à estabilidade genômica e à proteção ao câncer. *Nutrire: Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição.* 2010; 35(2):181-199.