



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**  
Centro de Educação e Humanidades  
Faculdade de Educação Física e Desportos

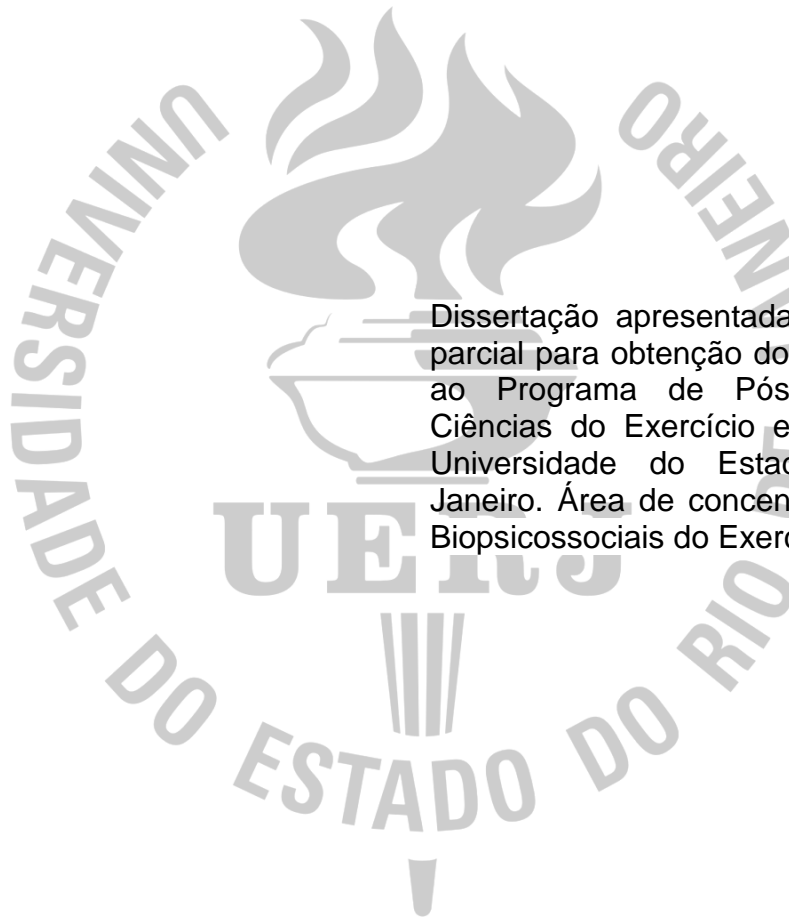
Bruno Cicero Teixeira

**Educação Física Escolar, aptidão física e seu papel sobre a função  
cognitiva**

Rio de Janeiro  
2017

Bruno Cicero Teixeira

**Educação Física escolar, aptidão física e seu papel sobre a função cognitiva**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Casimiro Lopes

Rio de Janeiro

2017

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CEH/B

T266 Teixeira, Bruno Cícero.  
Educação física escolar, aptidão física e seu papel sobre a  
função cognitiva / Bruno Cícero Teixeira. – 2017.  
61 f.:il

Orientador: Gustavo Casimiro Lopes.  
Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do  
Rio de Janeiro, Instituto de Educação Física e Desportos.

1. Aptidão física em crianças – Teses. 2. Educação física  
para crianças – Teses. 3. Cognição em crianças – Testes - Teses.  
4. Cognição em adolescentes - Testes – Teses. I. Lopes, Gustavo  
Casimiro. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto  
de Educação Física e Desportos. III. Título.

CDU 613.71-053.2/.6

Bibliotecária: Eliane de Almeida Prata. CRB7 4578/94

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial  
desta dissertação desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Bruno Cicero Teixeira

**Educação Física escolar, aptidão física e seu papel sobre a função cognitiva**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico.

Aprovada em 12 de abril de 2017.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Gustavo Casimiro Lopes (Orientador)  
Instituto de Educação Física e Desportos - UERJ

---

Prof. Dr. Luiz Alberto Batista  
Instituto de Educação Física e Desportos - UERJ

---

Prof. Dr. Astrogildo Vianna de Oliveira Júnior  
Colégio Pedro II

Rio de Janeiro

2017

## DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação aos meus pais e irmão, Robson Santana Teixeira, Eloisa Cicero Teixeira e David Cicero Teixeira e também a minha namorada Tatiana Guimarães dos Passos, que sempre me apoiaram em todos os momentos.

## **AGRADECIMENTOS**

A minha família que sempre me ajudou bastante em todos os momentos.

Ao meu orientador Prof. Gustavo Casimiro Lopes, que tenho acompanhado desde a época da minha graduação, até o mestrado. Por todos os ensinamentos e oportunidades de aprender.

Aos meus amigos Pedro Cherem, Vinicius Rodrigues e Fabiele Caraméz, pelo convívio e discussões de artigos, que foram muito importantes para o meu crescimento e aprendizado durante o processo.

Aos alunos de iniciação científica do Laboratório de Fisiopatologia do Exercício, em especial a Fábio Ramos e Pedro Melo, que sempre ajudaram nas coletas e sem eles realizar esse estudo teria sido muito mais difícil.

Ao Dionízio Ramos pelo suporte, me convidando para dividir o apartamento, isso me ajudou a estudar mais, pois conseguia chegar mais rápido na Universidade e em casa.

Aos responsáveis pelos colégios que me deram a oportunidade de realizar as coletas.

“Se educar é promover a aquisição de novos comportamentos e os comportamentos resultam do funcionamento do cérebro, poder-se-ia concluir que o conhecimento das bases neurobiológicas do processo ensino-aprendizagem seria fundamental na formação do educador. ”

## RESUMO

Teixeira, Bruno Cícero. *Educação Física Escolar, aptidão física e seu papel sobre a função cognitiva*. 2017. 61f. Dissertação (Mestrado em Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico) – Faculdade de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

Estudos indicam uma relação entre aptidão física e funções cognitivas, entre essas funções; as funções executivas têm sido mais estudadas, devido as maiores associações com o desempenho acadêmico. Assim, é possível supor que alguns parâmetros bioquímicos estejam relacionados com este fato, porém, não foram feitos estudos utilizando estes marcadores salivares e suas associações com a aptidão física e as funções cognitivas. O objetivo desse estudo foi verificar a relação entre aptidão física e funções executivas com marcadores bioquímicos salivares em escolares e o efeito agudo do exercício físico nesses parâmetros. As funções executivas foram verificadas através de dois testes: teste de Stroop (TSt), para avaliar a atenção seletiva e o controle inibitório e a Torre de Hanói (ToH), que avalia a memória de trabalho pela transferência de anéis de uma pirâmide para um pino. O condicionamento cardiorrespiratório foi mensurado pelo teste de corrida/caminhada dos 6 minutos e a resistência muscular foi avaliada pelo teste de abdominais em 1 minuto. O condicionamento físico foi avaliado baseado nos valores de referências brasileiros fornecidos pelo PROESP-BR e as análises bioquímicas foram realizadas utilizando a saliva como fluido biológico. Dois estudos foram feitos: 1) o primeiro foi composto por 33 estudantes do 9º ano submetidos ao TSt e ToH, aos testes de corrida/caminhada dos 6 minutos e abdominais em 1 minuto. 2) o segundo grupo teve 20 estudantes do 6º ano que foram submetidos ao TSt em repouso e imediatamente após o teste de corrida/caminhada dos 6 minutos. Os estudantes do primeiro estudo apresentaram baixos valores de aptidão física para corrida/caminhada dos 6 minutos (91%) e abdominais em 1 minuto (94%). Os meninos têm maior condicionamento que as meninas, para a corrida/caminha dos 6 minutos (+27%) e abdominais em 1 minuto (+26%). Não foram encontradas diferenças no desempenho cognitivos em ambos os sexos. Observamos uma associação negativa entre o TSt com a distância da corrida ( $r = -0,56$ ,  $p < 0,05$ ) e com abdominais em 1 minuto ( $r = -0,55$ ,  $p < 0,05$ ) nas meninas. Entretanto, os meninos não apresentaram qualquer associação significativa para esses testes. Foi observada uma associação negativa entre o teste de abdominais em 1 minuto com o número de movimentos na ToH ( $r = -0,48$ ,  $p < 0,05$ ) e para TBARs salivar com o tempo na ToH ( $r = 0,35$ ,  $p < 0,05$ ). No segundo estudo, nós observamos baixo condicionamento cardiovascular nos indivíduos (96%). O teste de corrida/caminhada dos 6 minutos promoveu um aumento nos valores de proteínas totais (+67%,  $p < 0,05$ ), ácido úrico (+102%,  $p < 0,05$ ), GSH (+34%,  $p < 0,05$ ) e TBARs (+97%,  $p < 0,05$ ) na saliva. O tempo do TSt diminuiu após o exercício (-9%,  $p < 0,05$ ) e o TBARs salivar no repouso apresentou correlação positiva com o tempo do TSt ( $r = 0,46$ ;  $p < 0,05$ ). Nossos resultados sugerem que o condicionamento físico é associado de maneira diferente com o desempenho cognitivo em meninas e meninos. Também encontramos que apenas 6 minutos de exercício físico agudamente melhora o desempenho cognitivo

Palavras-chave: Aptidão física, função cognitiva, Educação Física escolar, PROESP-BR.



## ABSTRACT

Teixeira, Bruno Cícero. *School Physical Education, physical fitness and its role on cognitive function*. 2017. 61f. Dissertação (Mestrado em Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico) – Faculdade de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

Studies indicate a relationship between physical fitness and cognitive functions, among those functions; the executive functions have been more studied because of the biggest association with academic achievement. In this sense, it is possible to suppose that some biochemical parameters are related to this fact, on the other hand, no studies were done using these salivary markers and their associations with the physical fitness and the cognitive functions. The objective of this study was to measure the relationship between physical fitness and executive function together with biochemical markers in schoolchildren, as well as the acute effect of physical exercise in these parameters. Cognitive function was assessed by two tests: Stroop test (ST), to evaluate selective attention and inhibitory control and Tower of Hanoi (ToH) that assess work memory through transferring a pyramid rings from one pin to another. Cardiorespiratory fitness was evaluated by run/walk six-minute test and muscular endurance was assessed by one-minute sit-up test. Physical fitness was evaluated based on Brazilian reference values provided by PROESP-BR databank and biochemical analyzes in both experiments were performed using saliva as biological fluid. Two studies were made: 1) The first was composed by thirty three students of ninth grade submitted to a cognitive assessment by ST and ToH, together with run/walk six minute test and one-minute sit-up test. 2) The second group had twenty students of sixth grade that were subjected to the ST at rest and immediately after the run/walk six-minute test. The students of the first study showed lower values of physical fitness in most subjects for run/walk six-minute test (91%) and one-minute sit-up test (94%). Boys had significantly higher fitness than girls for run/walk for six-minute test (+27%) and one-minute sit-up test (+26%). No significant differences were found on cognitive performance between both sexes. We observed a negative association of ST with distance running ( $r = -0,56$ ,  $p < 0.05$ ) and with one-minute sit-up test ( $r = -0,55$ ,  $p < 0.05$ ) in girls. On the other hand, boys did not show any significant associations for these tests. However a negative association was observed for one-minute sit-up test with number of movements in ToH ( $r = -0,48$ ,  $p < 0.05$ ) and for salivary TBARs with performance time in ToH ( $r = 0,35$ ,  $p < 0.05$ ). In the second experiment we also observed low cardiovascular fitness in most subjects (96%). Run/walk six-minute test promoted increased values for total protein (+67%,  $p < 0.05$ ), uric acid (+102%,  $p < 0.05$ ), GSH (+34%,  $p < 0.05$ ) and TBARs (+97%,  $p < 0.05$ ) in saliva. Interestingly, time to perform ST was decreased post-exercise (-9%,  $p < 0.05$ ). We also observed that salivary TBARs at rest showed a positive correlation with time performance in the ST ( $r = 0.46$ ;  $p < 0.03$ ). Our results suggest that physical fitness is differently associated with cognitive performance in girls and boys. Besides that, we found that only 6 minutes of physical exercise acutely improves inhibitory control and selective attention, which indicates an important role of adequate levels of physical activity for schoolchildren regarding cognitive abilities.

Keywords: Physical fitness. Cognitive function. Physical education. PROESP-BR..

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Esquema do desenho experimental.....	21
Tabela 1 -	Percentuais dos alunos de acordo com a aptidão física.....	29
Gráfico 1 -	Comparação da distância percorrida entre meninas e meninos.....	30
Gráfico 2 -	Comparação das funções executivas entre meninos e meninas.....	31
Gráfico 3 -	Correlações entre o desempenho na corrida e o TSt das meninas.....	32
Tabela 2 -	Correlações entre aptidão cardiorrespiratória e as funções executivas.....	33
Gráfico 4 -	Correlações entre a resistência muscular e as funções executivas.....	34
Tabela 3 -	Correlações entre resistência muscular e as funções executivas.....	35
Tabela 4 -	Correlações entre marcadores bioquímicos salivares e Funções Executivas.....	35
Tabela 5 -	Percentuais dos alunos de acordo com a aptidão física.....	36
Gráfico 5 -	Impacto do teste físico no desempenho do TSt.....	37
Gráfico 6 -	Impacto do teste físico nos marcadores bioquímicos.....	38
Gráfico 7 -	Correlação das TBARs com a condição incongruente do TSt.....	39

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACTH	Hormônio adrenocorticotrófico ( <i>Adrenocorticotropic hormone</i> )
Abs	Absorbância
DP	Desvio padrão
GSH	Glutathiona reduzida
H <sub>2</sub> O	Água
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Peróxido de hidrogênio
IMC	Índice de massa corporal
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
M ToH	Movimentos da torre de hanói
NAD	Nicotinamida-adenina-dinucleotídeo
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sulfato de sódio
Ptns	Proteínas totais
pH	Potencial Hidrogeniônico
ROS	Espécies reativas de oxigênio ( <i>Reactive Oxygen Species</i> )
SOD	Superóxido dismutase
TBARs	Espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico ( <i>Thiobarbituric acid reactive substances</i> )
TCA	Ácido tricloroacético ( <i>Trichloroacetic acid</i> )
ToH	Torre de Hanoi
T ToH	Tempo da torre de hanói
Tris-HCL	<i>Tris(hydroxymethyl)aminomethane hydrochloride</i>
TSt	Teste de Stroop

## LISTA DE SÍMBOLOS

cm	Centímetros
/	Divisão
xg	Força centrífuga
g/dL	Gramas por decilitro
g/L	Gramas por litro
g/ mL	Gramas por mililitro
°C	Graus Celsius
>	Maior
+	Mais
±	Mais ou menos
<	Menor
≥	Menor ou igual
-	Menos
m	Metros
uL	Microlitro
uL	Micromolar
uM	Micromolar
mg/ dL	Miligramas por decilitro
mg	Miligramas
mL	Mililitro
mmol/L	Milimol por litro
min	Minutos
M	Molar
nm	Nanometros
p	Nível de significância
%	Porcentagem
Kg	Quilogramas
Kg/ m <sup>2</sup>	Quilogramas por metro quadro
rpm	Rotações por minuto
s	Segundos
x	Vezes

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
1	<b>OBJETIVOS</b> .....	20
1.1	<b>Geral</b> .....	20
1.2	<b>Específicos</b> .....	20
2	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	21
2.1	<b>Desenho experimental</b> .....	21
2.2	<b>Participantes</b> .....	22
2.3	<b>Procedimentos experimentais</b> .....	22
2.4	<b>Teste de aptidão cardiorrespiratória</b> .....	22
2.5	<b>Teste de resistência abdominal</b> .....	23
2.6	<b>Testes de funções executivas</b> .....	23
2.6.1	<u>Teste de Stroop (TSt)</u> .....	23
2.6.2	<u>Torre de Hanói (TOH)</u> .....	24
2.7	<b>Coleta de saliva</b> .....	25
2.8	<b>Análises bioquímicas</b> .....	25
2.8.1	<u>Proteínas totais</u> .....	25
2.8.2	<u>Triglicerídeos</u> .....	26
2.8.3	<u>Ácido úrico</u> .....	26
2.8.4	<u>Glutathiona reduzida (GSH)</u> .....	27
2.8.5	<u>Espécies Reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARs)</u> .....	27
2.9	<b>Análise estatística</b> .....	27
3	<b>RESULTADOS</b> .....	29
3.1	<b>Parte I – Correlação da aptidão física com as funções executivas</b> .....	29
3.1.1	<u>Aptidão física</u> .....	29
3.1.2	<u>Funções executivas</u> .....	30
3.1.3	<u>Condicionamento cardiorrespiratório e as funções executivas</u> .....	31
3.1.4	<u>Resistência muscular e as funções executivas</u> .....	33

3.1.5	<u>Marcadores bioquímicos salivares e funções executivas</u> .....	35
3.2	<b>Parte II – Efeito agudo do exercício físico nas funções executivas</b> .....	36
3.2.1	<u>Aptidão física</u> .....	36
3.2.2	<u>Impacto do exercício físico agudo no desempenho do TSt</u> .....	36
3.2.3	<u>Impacto do exercício físico agudo nos marcadores bioquímicos</u> .....	37
4	<b>DISCUSSÃO</b> .....	40
	<b>CONCLUSÃO</b> .....	47
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	48
	<b>ANEXO A – Teste de Stroop (TSt)</b> .....	57
	<b>ANEXO B – Torre de Hanói (ToH)</b> .....	59
	<b>ANEXO C – Termo de consentimento livre e esclarecido</b> .....	60
	<b>ANEXO D – Aprovação do Comitê de Ética</b> .....	61

## INTRODUÇÃO

A Lei de diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) nº 9.394/96, determina a obrigatoriedade da prática de aulas de Educação Física nas escolas (BRASIL, 1996). Nesse contexto os dados mais recentes da Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar (PeNSE), observou o comportamento da frequência semanal de aulas de Educação Física nas escolas brasileiras: nenhum dia (18%); 1 dia (43%); 2 dias (27%); 3 dias (7%) e 5 a 7 dias (3%). Assim podemos observar que 88% apresentam uma variação para a realização de aulas de Educação Física entre nenhuma e duas vezes por semana, frequência essa possivelmente insuficiente para gerar benefícios a saúde (CRESPO, 2012).

Observamos em nosso país um contexto que foi historicamente construído, contexto esse que poderia explicar tais resultados insatisfatórios. A prática de Educação Física se tornou obrigatória nas escolas municipais da Corte em 1851, após a reforma Couto Ferraz, situação essa que incomodava os pais por achar que tal atividade não possuía cunho intelectual. No Entanto para indivíduos do sexo masculino, essas aulas eram parcialmente aceitas pelos responsáveis, devido a aproximação com as instituições militares por causa da pratica de ginástica (BRASIL, 1998), esse estereótipo se sustenta nos dias atuais (OLIVEIRA, 1999). Seguindo essa lógica, produz-se o pensamento de que a Educação Física no âmbito escolar atual não se faz relevante para os alunos de ensino fundamental e médio, principalmente para aqueles que vão prestar algum tipo de certame como por exemplo os de 9º ano do ensino fundamental e 3º ano do ensino médio, já que não consta na lista de disciplinas avaliadas na prova que classifica os alunos para a entrada em algum colégio ou Universidade, sendo definida por muitos como perda de tempo e muitas vezes sendo retirada da grade para essas turmas, ou se tornando optativa (MARTINS, 2009). A falta de clareza quanto ao seu papel na escola faz com que muitos professores de Educação Física percam o seu foco e acabem transformando as suas aulas em meras práticas repetitivas de um determinado esporte (OLIVEIRA, 1999).

Atitudes sedentárias durante a infância e adolescência são relacionados a um aumento no risco de hipertensão arterial, hipercolesterolemia, diabetes tipo II e doença arterial coronariana por toda a vida, no entanto, um estilo de vida sedentário

não influencia apenas a saúde física, mas também a saúde cerebral e cognitiva (CHADDOCK et al., 2011). Uma pesquisa desenvolvida por Gomez-Pinilla e Hillman (2013), demonstrou um efeito benéfico na prática de exercício físico, nas habilidades cognitivas, efeitos positivos também foram encontrados com a prática de Educação Física na escola (DONNELLY, 2011). Uma habilidade cognitiva que vem se destacado nas pesquisas que utilizam o exercício físico como intervenção é a função executiva, também referida como controle cognitivo, que permite aos indivíduos direcionar e redirecionar seus comportamentos a objetivos específicos, sendo muito importante para o desempenho acadêmico (DAVIS et al., 2011) e para as atividades cotidianas (GILBERT, 2008).

### Funções Executivas

Funções executivas são intimamente relacionadas com funções executadas pelo córtex pré-frontal, no entanto as funções executivas e o controle cognitivo não tem sido bem definidas. Existem uma variedade de definições (FUNAHASHI; ANDREAU, 2013).

Funções executivas geralmente se referem a funções cognitivas de “alto nível” que estão envolvidas no controle e regulação de processos cognitivos de “baixo nível” e também a objetivos direcionados e comportamentos orientados para o futuro (ALVAREZ, 2006). As funções executivas são um conjunto de habilidades neurais que de forma integrada, permite ao indivíduo direcionar, e redirecionar as suas fontes de processamento e seus comportamentos apropriadamente a metas (EYSENCK; KEANE, 2005), avaliando a eficiência e a adequação desses comportamentos, abandonando estratégias que não são eficazes por outras mais eficientes e com isso ajustando os seus comportamentos para a resolução de problemas imediatos, de médio e longo prazo (LEZAK, 2004).

Shallice e Burgess (1991) listaram cinco tipos de situações que necessitam de um sistema executivo supervisor: planejamento ou troca de decisão; correção de erros ou solução de problemas; executar respostas que contenham novas sequências de ação ou que não tenham sido bem aprendidas; julgar se algo é perigoso ou tecnicamente difícil; e superar uma forte resposta habitual ou resistir a tentações.

Existem quatro componentes básicos que perfazem as funções executivas, que são: 1) *Volição*, que é a capacidade de formular uma meta ou uma intenção; 2)



Planejamento, capacidade de identificar e organizar os passos necessários para executar essa intenção/meta formulada; 3) Ação intencional, transformação de uma intenção em atividade autossustentável; 4) Desempenho efetivo, é a capacidade de auto monitorar, auto corrigir e autorregular a intensidade, o ritmo e outros aspectos qualitativos do comportamento, gesto motor e ação, estando diretamente relacionado a autocrítica (LEZAK et al., 2004). Por mais que existam diferenças nas definições de funções executivas a partir dos pesquisadores, existem algumas características comuns, como a inibição deliberada de uma resposta habitual em prol de uma mais apropriada naquele momento (controle inibitório), habilidade de focar a atenção em estímulos irrelevantes (atenção seletiva), capacidade de manipulação e utilização da informação contida na memória de longo prazo (memória operacional/ trabalho) e capacidade de adequação de comportamentos a partir de diferentes demandas (flexibilidade cognitiva). De acordo com Fuentes (2008) as funções executivas são responsáveis pela capacidade de autorregulação ou autogerenciamento, sendo o seu desenvolvimento um grande marco adaptativo da espécie humana.

### Memória de trabalho

Uma função cognitiva que é muito importante para a nossa vida, estando presente em quase todos os momentos é a memória, indivíduos incapazes de codificar, armazenar e recuperar a informação terão sérias dificuldades durante a sua vida (DEHN, 2008).

Atkinson e Shiffrin (1968) sugeriram que a memória de curto prazo atuaria como uma memória operacional, sendo necessária para a aprendizagem, para a recuperação de informações antigas e para o desempenho de várias outras tarefas cognitivas. Baddeley (1992) chama a atenção que se fosse esse o caso, era de se esperar que indivíduos com prejuízos na memória de curta duração apresentariam vários outros problemas cognitivos, incluindo prejuízos na memória de longo prazo. Mas não é isso que acontece, esses pacientes apresentam uma normal aprendizagem de longo prazo e surpreendentemente poucas desvantagens cognitivas.

Allan Baddeley (1986) em seu modelo de multicomponentes da memória de trabalho, destaca a alça fonológica que é determinada pela capacidade de

armazenar determinada quantidade de sons por um período curto de tempo, como por exemplo quando repetimos uma sequência de números de um telefone para que essa informação não se perca. Esse componente está diretamente envolvido com a aquisição de novas palavras ao vocabulário. Outro componente destacado pelo autor é o esboço visuoespacial, que armazena informações visuais e espaciais, esse componente pode estar envolvido em tarefas de leitura, mantendo uma representação da página e seu layout. Outro componente, o buffer episódico, seria responsável pela integração de informações fonológicas, visuais e espaciais, essas informações podem ter sido originadas do meio externo ou da memória de longo prazo (Baddeley, 1986).

A Memória de trabalho desempenha um papel importante em modelos de cognição (CONWAY et al., 2005). Sua função é de selecionar, analisar, conectar, sintetizar e resgatar as informações já aprendidas fazendo a conexão dessas informações com novas. Prejuízos nessa função são associados a um prejuízo escolar, analisados com baixo desempenho.

### Controle Inibitório

Uma habilidade que está no centro das funções executivas é o controle inibitório, que envolve a capacidade de controlar a atenção, comportamentos, pensamentos e emoções para alterar uma forte predisposição interna ou atração externa em prol de uma resposta e/ou comportamento adequado ou necessário. Sem esse sistema de controle nós estaríamos a mercê de nossos impulsos, hábitos antigos de pensamento e ação, o controle inibitório nos permite mudar e escolher a forma como reagimos e como nos comportamos, assim é uma das habilidades cognitivas que possibilita a nossa racionalidade de hábitos (DIAMOND, 2013).

O controle inibitório é uma das principais habilidades descritas por Hofmann, Schmeichel e Baddeley (2012) que melhoram a autorregulação, pois permite aos indivíduos inibição ativa de comportamentos ou substituir respostas comportamentais, tais como maus hábitos e impulsos que são incompatíveis com metas. Piores respostas inibitórias tem sido implicadas em problemas de impulsividade, como uso de drogas (BERKMAN; FALK; LIEBERMAN, 2011), resposta social inadequada (HIPPEL; GONSALKORALE, 2005) e infidelidade em relações românticas (PRONK; KARREMANS; WIGBOLDUS, 2011).

Na última década, foram alcançados progressos consideráveis na descoberta acerca dos mecanismos moleculares responsáveis pela influência do exercício na cognição, sendo observada relação de marcadores bioquímicos com o desempenho cognitivo, como no caso de disfunções cognitivas (SÁNCHEZ-RODRÍGUES et al., 2006). Esses marcadores podem ser de peroxidação lipídica que estão relacionados a danos nas membranas lipídicas celulares, como o caso das espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARs), marcadores de modificações nas proteínas como por exemplo a proteína carbonilada (BEAL, 2002; DALDO et al., 2005), níveis de triglicerídeos que parecem afetar as funções executivas por induzir deficiências de substratos energéticos no cérebro e danos na barreira hematoencefálica (DE LA MONTE, 2012) e o ácido úrico que atua como um dos principais antioxidantes, prevenindo os danos causados por espécies reativas (AMES et al., 1981).

#### Aptidão física

Aptidão física, exercício físico e atividade física são algumas vezes usados na literatura como conceitos intercambiáveis, o que não é apropriado (ORTEGA et al., 2008).

A aptidão física é definida como a capacidade de realizar uma atividade física, e faz referência a uma gama completa de atributos fisiológicas, que os indivíduos tem ou conseguem (CASPERSEN; POWELL; CHRISTENSON, 1985; ORTEGA et al., 2008). A atividade física é qualquer movimento corporal produzido por uma ação muscular que aumenta o gasto de energia acima dos valores de repouso, já o exercício físico é uma subcategoria da atividade física, sendo planejado, estruturado e tem por objetivo aumentar ou manter os níveis de um ou mais componentes da aptidão física.

A aptidão física é um constructo multidimensional, apresentando vários componentes, não sendo diretamente observável, por isso são utilizados testes que avaliam cada dimensão. A aptidão física é intimamente relacionada com o nível de atividade física habitual, a dieta e fatores hereditários (MAIA; LOPES; MORAIS, 2001).

A aptidão física tem sido implicada como um fator que se associa com diversas condições de saúde, por exemplo, dados de um estudo transversal sueco com uma amostra aleatória de crianças (9-10 anos) e adolescentes (15-16 anos)

mostraram que um elevado nível de aptidão cardiorrespiratória está negativamente associado a uma menor adiposidade total (RUIZ et al., 2006). Altos níveis de condicionamento cardiorrespiratório são também associados com um melhor perfil cardiovascular, observado pelos valores de triglicerídeos, LDL-c, HDL-c e glicemia de jejum, em adolescentes com sobrepeso e eutróficos (MESA et al., 2006).

Tem havido um crescente interesse nos benefícios da atividade física para a saúde mental e uma base de evidências mostram que a atividade física e o exercício físico associados a um aumento na aptidão física melhoram o bem-estar psicológico (BIDDLE; FOX; BOUTCHER, 2001; BIDDLE; MUTRIE, 2008).

Um abundante progresso foi alcançado na última década sobre os mecanismos bioquímicos responsáveis pela influência do exercício físico na cognição, sendo capaz de ativar circuitos neurais importantes para a aprendizagem e memória, usando sistemas moleculares associados a plasticidade sináptica e metabolismo energético.

A realização de exercício físico parece aumentar a velocidade pelo qual a informação é transmitida através das sinapses. (GOMEZ-PINILLA; HILLMAN., 2013). Parte dos efeitos do exercício físico nas funções cognitivas parece envolver a modificação em diferentes parâmetros bioquímicos, que em muitos casos vem sendo analisados na saliva, como os níveis de cortisol (KELLER et al., 2012). A utilização de biomarcadores salivares ganhou popularidade na década passada, com um destaque para as pesquisas biomédica e psicológica (DABSS, 1993).

A saliva é uma solução exócrina feita de 99% de água que pode ser considerada como oriunda de uma glândula específica ou saliva como um todo. Contém um largo espectro de fluidos orais, secreções tanto de glândulas grandes como pequenas, e diversos componentes não salivares tais como fluido crevicular gengival, secreções nasais e brônquicas, derivados do soro e sangue, bactérias e produtos bacterianos, vírus e fungos, células epiteliais descamadas, outros componentes celulares e restos de alimentos (LINDSAY; COSTELLO, 2016). Sendo originada principalmente de 4 pares de glândulas, que são, parótida, sublingual, submandibular e menor (PROCTOR; CARPENTER, 2007), cada glândula pode produzir quantidade variável de sais, íons e proteínas. Essas variações são influenciadas por status psicológico e hormonal, exercício físico, taxa de fluxo, ritmo circadiano, tipo e tamanho da glândula, tamanho e tipo do estímulo, atividade do sistema nervoso autônomo (KALK ET AL., 2002).

A secreção da saliva é um reflexo mediado por nervos, assim sendo o volume e o tipo de saliva secretada é controlada pelo sistema nervoso autonômico. As glândulas recebem ambos os tipos de inervação, simpática e parassimpática. O reflexo envolve receptores aferentes e nervos que transportam impulsos induzidos por estimulação, um eixo central (o núcleo salivar), e uma parte eferente que consiste de feixes nervosos autonômicos simpáticos e parassimpáticos que inervam separadamente as glândulas (SALIVA AND ORAL HEALTH, 2012).

Apesar da LDB 9.394 (BRASIL, 1996), ter inserido a Educação Física como disciplina obrigatória nas grades curriculares das escolas brasileiras trazendo avanços, tornando a disciplina reconhecida como componente curricular e também como área de estudo relevante na formação global dos indivíduos, historicamente no Brasil, as atividades físicas estão em um patamar inferior em comparação às atividades, reconhecidamente intelectuais. Diante desse fato, Betti (1992) coloca que a desvalorização se dá pela maneira simplificada como a área é vista e a falsa impressão de que tanto a área como o profissional seriam quase que dispensáveis, sobretudo no ambiente escolar.

A obrigatoriedade das aulas de Educação Física tentou ser retirada através da medida provisória 746/2016, no entanto essa medida foi derrubada, sendo restituída a obrigatoriedade na reforma do ensino médio lei 13.415/2017.

Apesar dessa desvalorização da Educação Física Escolar no Brasil, e da falta de clareza por parte de alguns profissionais quanto a sua intervenção, o exercício físico pode acarretar em melhora no desempenho cognitivo dos alunos, conseqüentemente no desempenho acadêmico, sendo inclusive observado através de alterações em marcadores bioquímicos sanguíneos. No entanto não é de nosso conhecimento trabalhos que tenham avaliado as correlações entre aptidão física, funções executivas e marcadores bioquímicos salivares em jovens saudáveis e nem o efeito agudo do exercício físico nos parâmetros bioquímicos salivares e as funções executivas.

## **1 OBJETIVOS**

### **1.1 Geral**

O objetivo desse estudo foi verificar a relação da aptidão física com as funções executivas e marcadores bioquímicos salivares de escolares, bem como o efeito agudo do exercício físico nesses parâmetros.

### **1.2 Específicos**

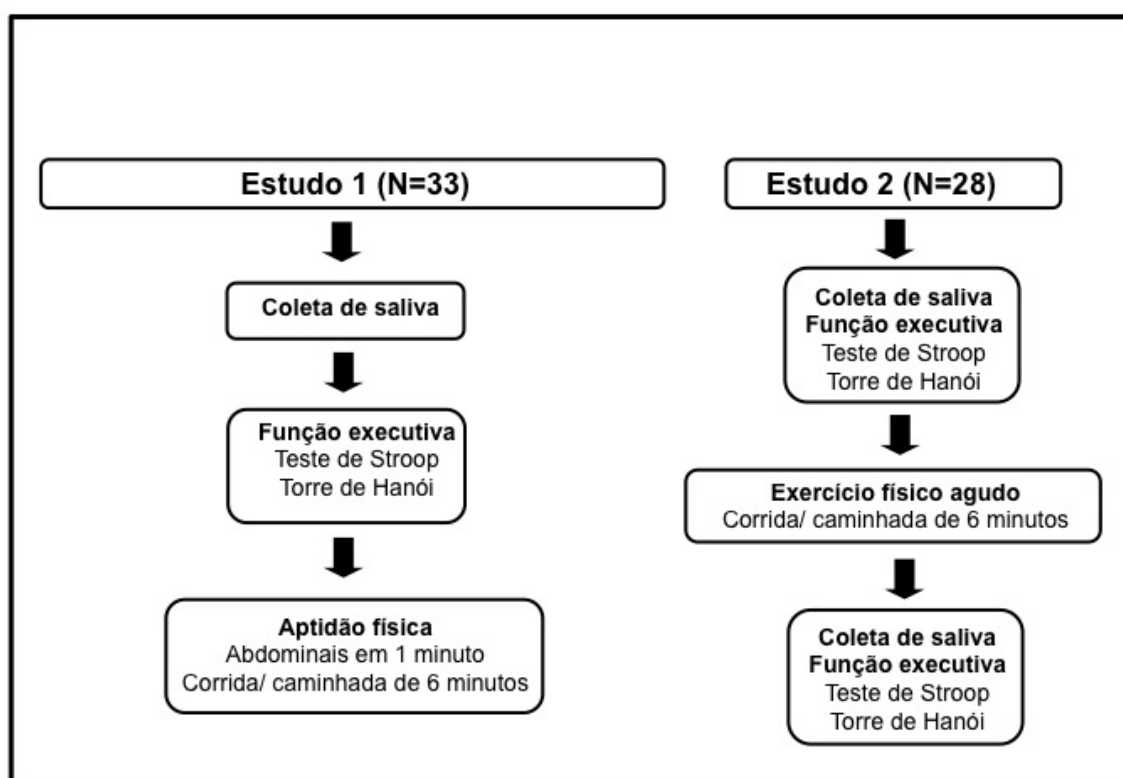
- a) Verificar a relação de parâmetros salivares como marcadores de funções executivas;
- b) Verificar o impacto agudo do exercício físico nas funções executivas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Desenho experimental

O presente estudo foi realizado em duas partes. Na primeira, foram feitas as correlações entre a aptidão física e funções executivas, usando os testes de Stroop (TSt) e Torre de Hanói (ToH) para analisar as funções executivas, de alunos do 9º ano de 3 colégios do estado do Rio de Janeiro, 2 do município de Duque de Caxias e 1 do município do Rio de Janeiro. Na segunda parte foi analisada a resposta aguda das funções executivas ao teste de corrida/caminhada de 6 minutos em indivíduos do 6º ano de 1 colégio do município do Rio de Janeiro.

Figura 1. Esquema do desenho experimental



## 2.2 Participantes

Na parte I desse estudo a amostra foi composta por trinta e três alunos do 9º ano (idade  $14,6 \pm 0,9$  anos, estatura  $165,1 \pm 8,7$  cm, massa corporal  $57,9 \pm 12,9$  kg, IMC  $21,5 \pm 4,7$  Kg / m<sup>2</sup>), sendo dezessete meninas de idade  $14,3 \pm 1$  anos, e dezesseis meninos com idade de  $14,7 \pm 0,8$  anos, de três colégios do estado do Rio de Janeiro, sendo dois localizados no município de Duque de Caxias e um no Rio de Janeiro. Todos estavam devidamente matriculados.

Na parte II desse estudo a amostra foi composta por vinte e oito alunos do 6º ano (idade  $11,1 \pm 0,6$  anos, estatura  $151,4 \pm 6,3$  cm, massa corporal  $52,5 \pm 15,7$ , IMC  $22,7 \pm 6$  Kg / m<sup>2</sup>), sendo quinze meninas de  $11,1 \pm 0,3$  anos e treze meninos de  $11,1 \pm 0,7$  anos, do colégio MV1 Anderson, localizado no bairro da Tijuca, no município do Rio de Janeiro.

Este projeto foi aprovado pelo comitê de Ética da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (ID: 30713214.9.0000.5259). O termo de consentimento foi assinado por todos os responsáveis dos alunos. Foram excluídos do estudo os indivíduos que não realizaram alguma etapa.

## 2.3 Procedimentos experimentais

Os testes físicos e os testes de funções executivas (TSt e ToH) foram realizados no mesmo dia, sendo o teste cognitivo realizado antes do teste físico. As coletas foram realizadas entre 13h e 15h da tarde, antes de aplicarmos os testes cognitivos.

## 2.4 Teste de Aptidão cardiorrespiratória (corrida/caminhada dos 6 minutos)

Esse teste foi realizado segundo o manual do PROESP-BR (projeto esporte Brasil), proposto por Gaya (2015) os alunos foram divididos em grupos adequados a



dimensão da quadra. Foi informado aos alunos sobre a execução do teste dando ênfase ao fato de que devem correr o maior tempo possível, evitando piques de velocidade intercalados de longas caminhadas. Durante o teste, informa-se ao aluno a passagem do tempo 2, 4 e 5 (“Atenção: falta 1 minuto). Ao final do teste foi tocado um apito, e os alunos foram instruídos a ficarem parados até que a distância percorrida fosse anotada.

## **2.5 Teste de resistência abdominal**

Esse teste foi realizado segundo o manual do PROESP-BR, proposto por Gaya (2015) os alunos avaliados foram posicionados em decúbito dorsal com os joelhos flexionados a 45 graus e com os braços cruzados sobre o tórax. O avaliador, com as mãos, segurou os tornozelos dos estudantes fixando-os ao solo. Quando o comando era dado os alunos iniciavam a flexão do tronco até tocar os cotovelos na coxa, retornando a posição inicial (não era necessário tocar a cabeça no colchonete a cada execução). Foi anotado o maior número de repetições completas em 1 minuto.

## **2.6 Testes de Funções Executivas**

### **2.6.1 Teste de Stroop**

Foram distribuídos três cartões de fundo branco com seis linhas de estímulos e quatro itens em cada. No primeiro cartão, o participante nomeava as cores de retângulo impressos em verde, azul, rosa e marrom. A disposição das cores foi pseudo-randomizada de modo que cada cor aparecesse uma vez por linha, ao todo eram seis retângulos de cada cor. No segundo cartão, o estímulo era alterado pelas palavras *cada*, *nunca*, *hoje* e *tudo* impressas em caixa alta e nas mesmas cores verde, azul, rosa e marrom. Do mesmo modo era solicitado que o aluno efetuasse a

leitura das cores das palavras. O último cartão, condição incongruente (condição em que há um conflito entre a tinta em que a palavra está pintada e o seu nome), consistia em estímulos incompatíveis nos quais os nomes das cores estavam impressos em cores de tinta que não correspondiam ao conteúdo verbal. A tarefa era nomear as cores da impressão das palavras e ignorar a leitura delas. Em todos os cartões os alunos foram instruídos a nomear as cores o mais rápido possível. O tempo gasto para completar a leitura de cada cartão e a pontuação de acertos e erros foi obtido para os três cartões. A variável dependente foi o índice de interferência calculado a partir da subtração do tempo, em segundos, que o participante levou para completar o terceiro cartão menos a média aritmética do tempo gasto nos dois primeiros cartões, por esse cálculo foram obtidos os valores do efeito Stroop (que reflete o tempo a mais que os indivíduos levam para completar a condição incongruente) (Strauss et al., 2006; Elst, Boxtel, Breukelen, & Jolles, 2006). Para acessar a velocidade de processamento, a média aritmética do tempo de reação para os dois primeiros cartões foi considerada como a medida de interesse.

### 2.6.2 Torre de Hanói

A tarefa da ToH envolve o deslocamento de todos os discos (2-5) a partir da sua primeira posição para a posição final com um número mínimo de movimentos, sem violar as regras determinadas. Essas regras incluem: (a) um único disco deve ser movido de cada vez; (b) os discos devem ser deslocados apenas para os locais determinados; e (c) um disco maior não pode ser colocado sobre um disco menor (BALACHANDAR et al., 2015).

Com base Goel et al. (2001), foi utilizado o jogo *Torre de Hanoi* com 4 discos disponibilizado on-line Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS (<http://www.ufrgs.br/psicoeduc/hanoi/>), 2005, com licença GPL de software.

## 2.7 Coleta de saliva

As amostras foram coletadas utilizando um modelo sem estimulação, no qual o rolete de algodão (MasterRoll Plus - Wilcos®) ficou 5 min na boca do aluno, que foi orientado a deixar o algodão sob a língua. Os participantes foram instruídos a ingerir 300 mL de água 1 min antes de fornecer as amostras de saliva. Em seguida, o rolete de algodão foi transferido para uma seringa hipodérmica, sem agulha, estéril, de 5 ml (BD Plastipak®), e desta seringa foi extraída a amostra que estava contida no rolete de algodão para um tubo eppendorf graduado de 2,0 mL de tampa lisa, e esses tubos foram armazenados temporariamente em gelo. Os eppendorfs com as amostras de saliva foram centrifugadas a 3.000 rpm por 10 minutos a 4°C para a remoção dos restos celulares, e o sobrenadante foi armazenado à -20°C para análises posteriores. A saliva se destaca como uma alternativa vantajosa ao sangue por conta da coleta não invasiva, baixo custo, segura para o doador e coletor, além de apresentar vantagem em indivíduos não cooperativos como as crianças. O potencial diagnóstico da saliva é atribuído ao seu perfil molecular, sendo possível a análise de marcadores bioquímicos, como por exemplo os de estresse oxidativo (WANG et al., 2015).

## 2.8 Análises bioquímicas

### 2.8.1 Proteínas totais

Foi realizado por meio de kit comercial (Bioclin™; Minas Gerais, Brasil), com método do Biureto (GORNALL, 1949). Foram adicionados em tubos diferentes 50 uL da amostra, 50 uL do reagente padrão (Albumina 4g/dL, estabilizador e Azida Sódica 15,38 mmol/L) e 50 uL de água destilada (branco), e a cada tubo foi acrescentado 2,5 mL de Biureto.

Todos os tubos foram homogeneizados, e permaneceram em repouso durante 10 min. A Absorbância da amostra foi determinada em 545 nm, acertando o

zero com o branco, e a leitura foi realizada em, no máximo 30 min. A concentração foi determinada a partir desse cálculo:  $((\text{Abs. da Amostra} / \text{Abs. Padrão}) \times 4)$ , e o resultado foi expresso em g/dL.

### 2.8.2 Triglicerídeos

Foi realizado por meio de kit comercial (Bioclin<sup>TM</sup>; Minas Gerais, Brasil), com método enzimático colorimétrico. Foram adicionados em tubos diferentes 10 uL da amostra, 10 uL do reagente padrão (triglicerídeos 100,0 mg/dL e diluente) e 10 uL de água destilada (branco) e a cada tubo foi acrescentado 1,0 mL do reagente enzimático (tampão, 4-Clorofenol < 5 mmol/L, Lipase Lipoprotéica < 5000 U/L, Glicerol Kinase < 3000 U/L, Peroxidase < 5000 U/L, Glicerol-3-Fosfato Oxidase < 5000 U/L, 4-Aminoantipirina < 1 mmol/L, ATP < 5 mmol/L, ativador, estabilizante, surfactante e conservante).

### 2.8.3 Ácido Úrico

Este ensaio foi realizado por meio de kit comercial (Bioclin<sup>TM</sup>; Minas Gerais, Brasil), com método do enzimático colorimétrico. Foram adicionados em tubos diferentes 25 ul da amostra, 25 uL do reagente padrão (ácido úrico 6,0 mg/dL, tampão < 500 mmol/L, estabilizante e conservante) e 25 uL de água destilada (branco), e a cada tubo foi acrescentado 1,0 mL de reagente enzimático (tampão  $\geq$  100 mmol/L, 4-Aminoantipirina < 1 mmol/L, peroxidase < 18.000 U/L, uricase < 3.000 U/L, DHBS < 5 mmol/L, estabilizante, surfactante e conservante).

Todos os tubos foram bem homogeneizados, e permaneceram em banho-maria (37°C) durante 5 min. A absorbância da amostra foi determinada em 505 nm, acertando o zero com branco e a leitura foi realizada em, no máximo, 30 min. A concentração foi determinada a partir deste cálculo:  $((\text{Abs. da Amostra} \times 6) / \text{Abs. do Padrão})$ , e o resultado foi expresso em mg/ dL.

#### 2.8.4 Glutathiona Reduzida (GSH)

Este ensaio foi realizado segundo Tietze (1969). Foram adicionados 100 uL de saliva em tubos contendo 200 uL de uma solução TCA (ácido tricloroacético) 10%, em seguida foram agitadas e centrifugadas a 4000xg durante 10 min. a 10° C. Para 200 uL do sobrenadante foi adicionado 700 uL de tampão de Tris-HCl (pH 8,9 e 400 mM), seguido pela adição de 100 uL de DTNB (2,5 mM) dissolvido em tampão de Tris-HCl (pH 8,9 e 40 mM) e permaneceram 10 min. à temperatura ambiente. A leitura foi realizada a 412 nm em um leitor de microplaca (*EZ Read 400 Microplate Reader*).

#### 2.8.5 Espécies Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARs)

Este ensaio foi realizado segundo Keles et al. (2001). Foram adicionados 100 uL de saliva a tubos com uma solução de 500 uL de TCA (35%) e 500 ul de Tris-HCl (200 mM, pH 7,4). Estes tubos foram incubados durante 10 min. à temperatura ambiente. Adicionou-se aos tubos 1 mL de solução de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (2 M), seguido de 1 mL de solução de ácido tiobarbitúrico (55 mM) e os tubos foram incubados a 95°C durante 45 min., ao final os tubos foram esfriados em gelo durante 5 min. e misturados após a adição de 1 mL de TCA (70%). Após esta etapa os tubos foram centrifugados a 15.000xg durante 3 min. A leitura foi realizada a 530 nm em um leitor de microplaca (*EZ Read 400 Microplate Reader*).

### 2.9 **Análise estatística**

Foi realizado o teste de normalidade de D'Agostino-Pearson, para que fosse definido se seria utilizado um teste paramétrico ou um não paramétrico.

Foi utilizada a correlação de Pearson ou Spearman foi utilizada para verificar a associação entre o desempenho nos testes de corrida/ caminhada dos 6 min e teste de abdominais em 1 min com os desempenhos nos testes ToH e TSt. Para comparar os desempenhos nos testes físicos, corrida/caminhada dos 6 min e teste de abdominais em 1 min dos meninos com as meninas, foi utilizado o teste *t* de *Student* ou *Wilcoxon* de acordo com os resultados do teste de normalidade. O mesmo procedimento foi feito para comparar o impacto do exercício físico agudo nos marcadores bioquímicos.

Foi realizado o teste *g de Hedges* para analisar o tamanho do efeito, do teste físico nas variáveis cognitivas e bioquímicas, para efetuar essa análise foi utilizado o software Excel 2013.

Para efetuar a análise estatística foi utilizado o software GraphPad Prism 5.0, sendo a significância estatística fixada em  $p < 0,05$ .

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Parte I – Correlações da aptidão física com as funções executivas

##### 3.1.1 Aptidão Física

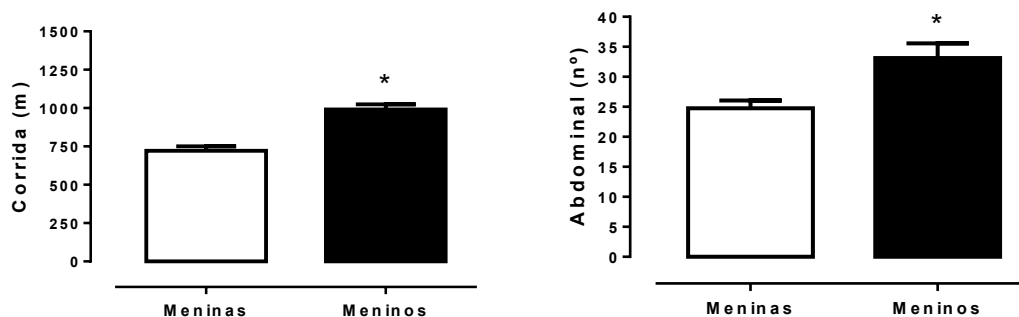
Comparando o desempenho dos alunos no teste de corrida/caminhada dos 6 min com os valores de referência do manual do PROESP-BR (GAYA et al., 2015), 30 (91%) dos alunos, apresentaram um desempenho abaixo dos valores tidos como críticos para a saúde, e 3 (9%) indivíduos apresentaram valores acima da referência. Os alunos apresentaram um desempenho semelhante no teste de abdominais em 1 min, tendo 31 (94%) abaixo dos valores críticos para a saúde e 2 (6%) acima desses valores, dados apresentados na tabela 1.

Tabela 1- percentuais dos alunos de acordo com a aptidão física

	<b>Média ± desvio padrão</b>	<b>Acima</b>	<b>Abaixo</b>
<b>Corrida/caminhada em 6 min (metros)</b>	852,5 ± 185	9%	91%
<b>Abdominais em 1 min (número)</b>	28,8 ± 8,8	6%	94%

Quando comparamos o desempenho de meninas e meninos nos testes físicos, os meninos percorreram uma distância 27% maior que as meninas no teste de corrida/caminhada dos 6 min. Quando comparamos o desempenho no teste de abdominais em 1 min, os meninos fizeram 26% mais abdominais que as meninas, dados apresentados no gráfico 1.

Gráfico 1 – Comparação da distância percorrida entre meninas e meninos



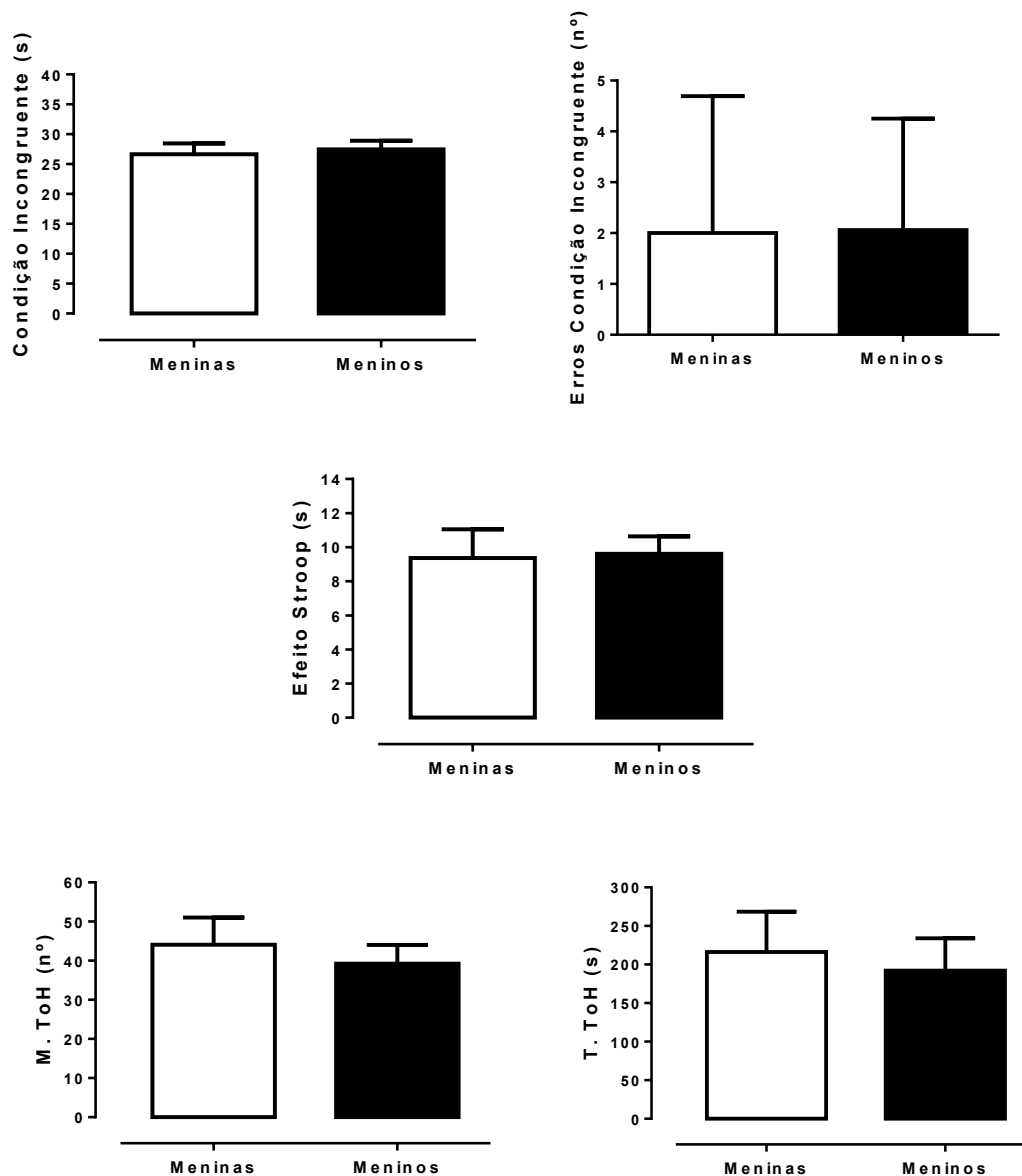
Legenda: \* vs meninas;  $p < 0,05$ .

### 3.1.2 Funções executivas

Meninos e meninas não apresentaram diferenças significativas nas funções executivas, tanto no TSt, condição incongruente (meninas  $n = 16$ ; média de tempo =  $26,7 \pm 7,3$  segundos; meninos  $n = 17$ ; tempo =  $27,5 \pm 5,7$  segundos), número de erros na condição incongruente (meninas, erros =  $2 \pm 2,7$ ; meninos, erros  $2,2 \pm 2,2$ ) efeito stroop (meninas,  $9,4 \pm 6,7$  segundos; meninos,  $9,6 \pm 4,1$  segundos) quanto na ToH, número de movimentos (meninas,  $44,1 \pm 28,6$ ; meninos,  $39,25 \pm 19,2$ ) e tempo (meninas,  $216 \pm 215,1$  segundos, meninos,  $192 \pm 168$  segundos), dados apresentados no gráfico 2.



Gráfico 2 – Comparação das funções executivas entre meninas e meninos

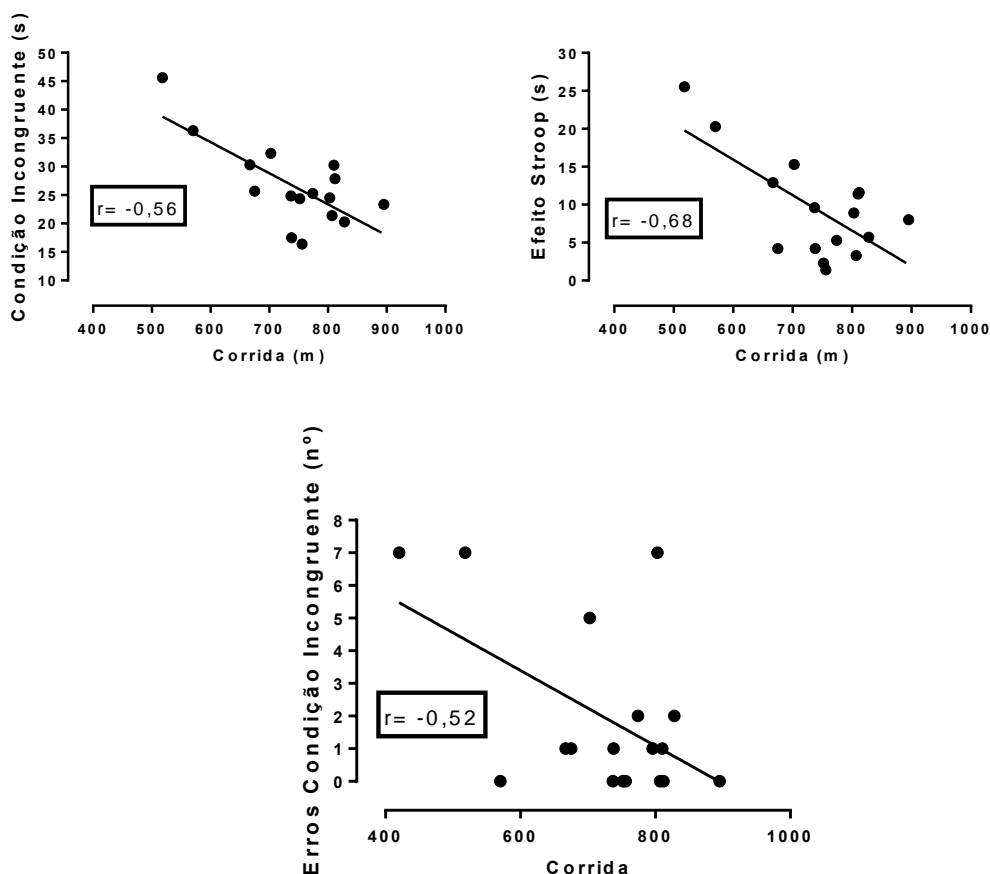


### 3.1.3 Condicionamento cardiorrespiratório e as funções executivas

Elas apresentaram uma correlação negativa entre o tempo na condição incongruente do TSt e o desempenho do teste de corrida/caminhada de 6 minutos

( $n= 16$ ;  $r= -0,56$ ;  $p= 0,02$ ), o mesmo foi observado para o efeito Stroop ( $n= 16$ ;  $r= -0,68$ ;  $p= 0,004$ ) e para o número de erros ( $n= 17$ ;  $r= -0,52$ ;  $p= 0,03$ ). Gráfico 3.

Gráfico 3 - Correlações entre o desempenho na corrida e o TSt das meninas



Eles não apresentaram qualquer correlação entre o condicionamento cardiorrespiratório e o desempenho no TSt, o mesmo acontece quando juntamos os indivíduos de ambos os sexos. Nem os meninos nem as meninas apresentaram correlação entre o condicionamento cardiorrespiratório e o desempenho na ToH, dados mostrados na tabela 2.

Tabela 2 - Correlações entre aptidão cardiorrespiratória e as funções executivas

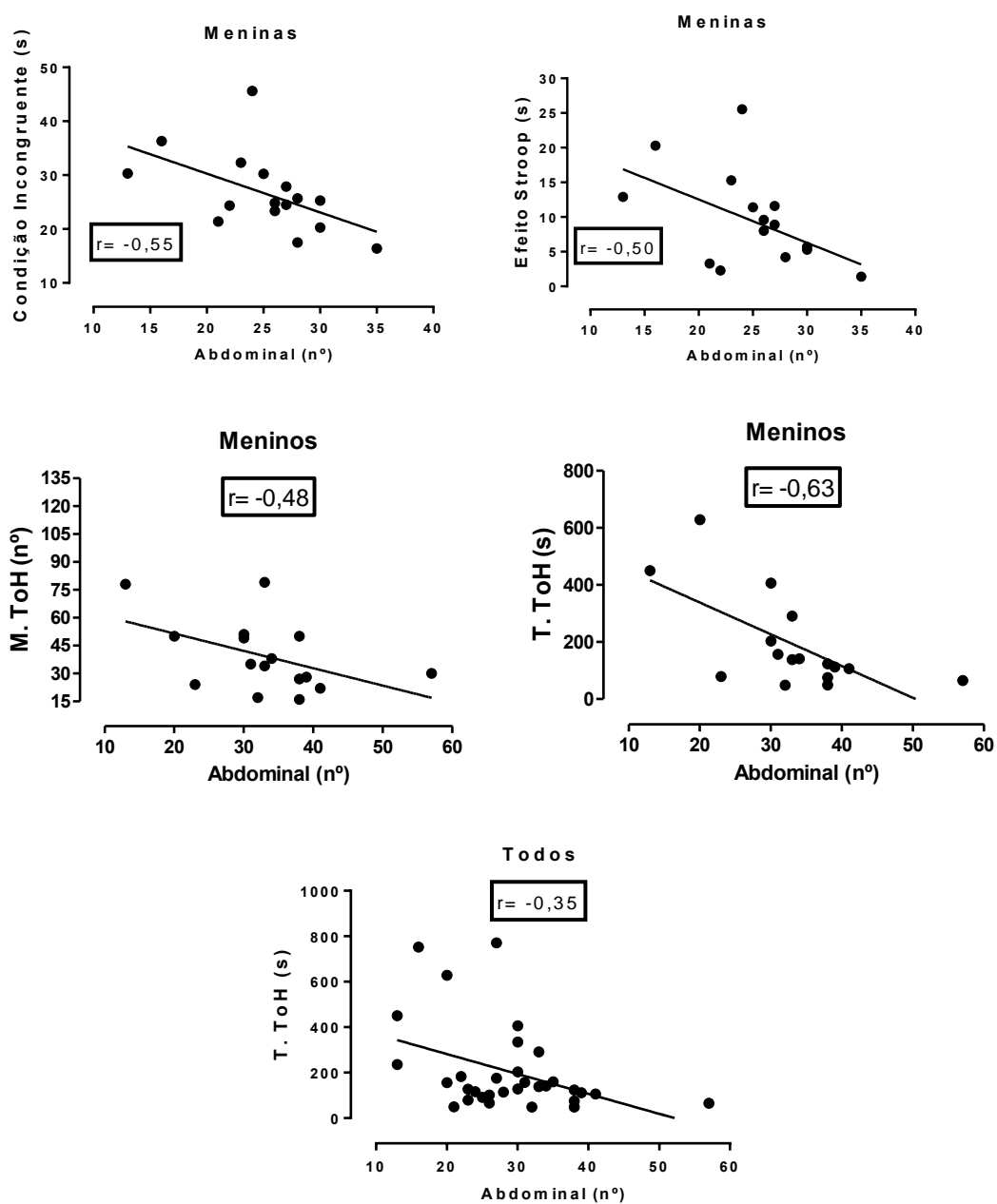
PROESP-BR (Corrida)	Condição incongruente (TSt)	Efeito Stroop	Erros (TSt)	T. ToH	M. ToH
<b>Todos</b>	-0,19	-0,26	-0,13	-0,24	-0,20
<b>Meninas</b>	<b>-0,56<sup>a</sup></b>	<b>-0,68<sup>b</sup></b>	<b>-0,52<sup>b</sup></b>	-0,14	-0,27
<b>Meninos</b>	-0,03	-0,18	-0,38	-0,23	-0,37

Legenda: <sup>a</sup> Correlação de Spearman; <sup>b</sup> correlação de Pearson; valores em negrito são significativos (\* $p < 0,05$ ).

#### 3.1.4 Resistência muscular e as funções executivas

Elas apresentaram uma correlação negativa entre resistência muscular localizada e a condição incongruente ( $n = 16$ ;  $r = -0,55$ ;  $p = 0,03$ ) e o efeito stroop ( $n = 16$ ;  $r = -0,50$ ;  $p = 0,05$ ), mas não apresentaram correlação com os erros no TSt. Já para os meninos há uma correlação negativa entre resistência muscular localizada e o número de M. ToH ( $n = 16$ ;  $r = -0,48$ ;  $p = 0,03$ ) e no tempo de realização da ToH ( $n = 16$ ;  $r = -0,63$ ;  $p = 0,009$ ). Quando os indivíduos de ambos os sexos foram agrupados a resistência muscular localizada se associou de maneira negativa com T. ToH ( $n = 33$ ;  $r = -0,35$ ;  $p = 0,03$ ), dados apresentados no gráfico 4.

Gráfico 4 - Correlações entre a resistência muscular e as funções executivas



A tabela 3 resume todas as correlações entre resistência muscular e as funções executivas dos escolares.

Tabela 3. Correlações entre resistência muscular e as funções executivas

PROESP-BR (Abdominal)	Condição incongruente (TSt)	Efeito Stroop	Erros (TSt)	T. ToH	M. ToH
<b>Todos</b>	-0,21	-0,24	0,20	<b>-0,35<sup>a</sup></b>	-0,27
<b>Meninas</b>	<b>-0,55<sup>a</sup></b>	<b>-0,50<sup>b</sup></b>	-0,07	-0,03	-0,24
<b>Meninos</b>	-0,13	-0,18	0,11	<b>-0,63<sup>a</sup></b>	<b>-0,48<sup>b</sup></b>

Legenda: <sup>a</sup> Correlação de Spearman; <sup>b</sup> correlação de Pearson;  $p < 0,05$

### 3.1.5 Marcadores bioquímicos salivares e funções executivas

Apenas as TBARs de repouso apresentaram correlação com as funções executivas, correlação negativa com os erros na condição incongruente do TSt ( $n = 33$ ;  $r = -0,35$ ;  $p = 0,04$ ) e correlação positiva com o T. ToH ( $n = 33$ ;  $r = 0,35$ ;  $p = 0,05$ ), Resultados apresentados na tabela 4.

Tabela 4. Correlações entre marcadores bioquímicos salivares e Funções Executivas

Marcadores	Condição incongruente (TSt)	Efeito Stroop	Erros (TSt)	T. ToH	M. ToH
<b>Ácido úrico (mg/dL)</b>	0,00	0,00	0,03	0,21	0,24
<b>GSH (<math>\mu</math>M)</b>	-0,12	-0,06	-0,17	0,12	0,23
<b>TBARs (nmol/mL)</b>	-0,03	0,06	<b>-0,35<sup>a</sup></b>	<b>0,35<sup>a</sup></b>	0,25
<b>TG (mg/dL)</b>	-0,23	-0,32	0,00	-0,20	-0,32

Legenda: <sup>a</sup> Correlação de Spearman; <sup>b</sup> correlação de Pearson;  $p < 0,05$

## 3.2 Parte II – Efeito agudo do teste físico nas funções executivas

### 3.2.1 Aptidão física

Confrontando os valores obtidos pelos alunos com os valores críticos do PROESP-BR para a saúde observamos, para a aptidão cardiorrespiratória, que 27 indivíduos (96%) estavam abaixo da referência e apenas 1 indivíduo estava acima (4%), (tabela 5).

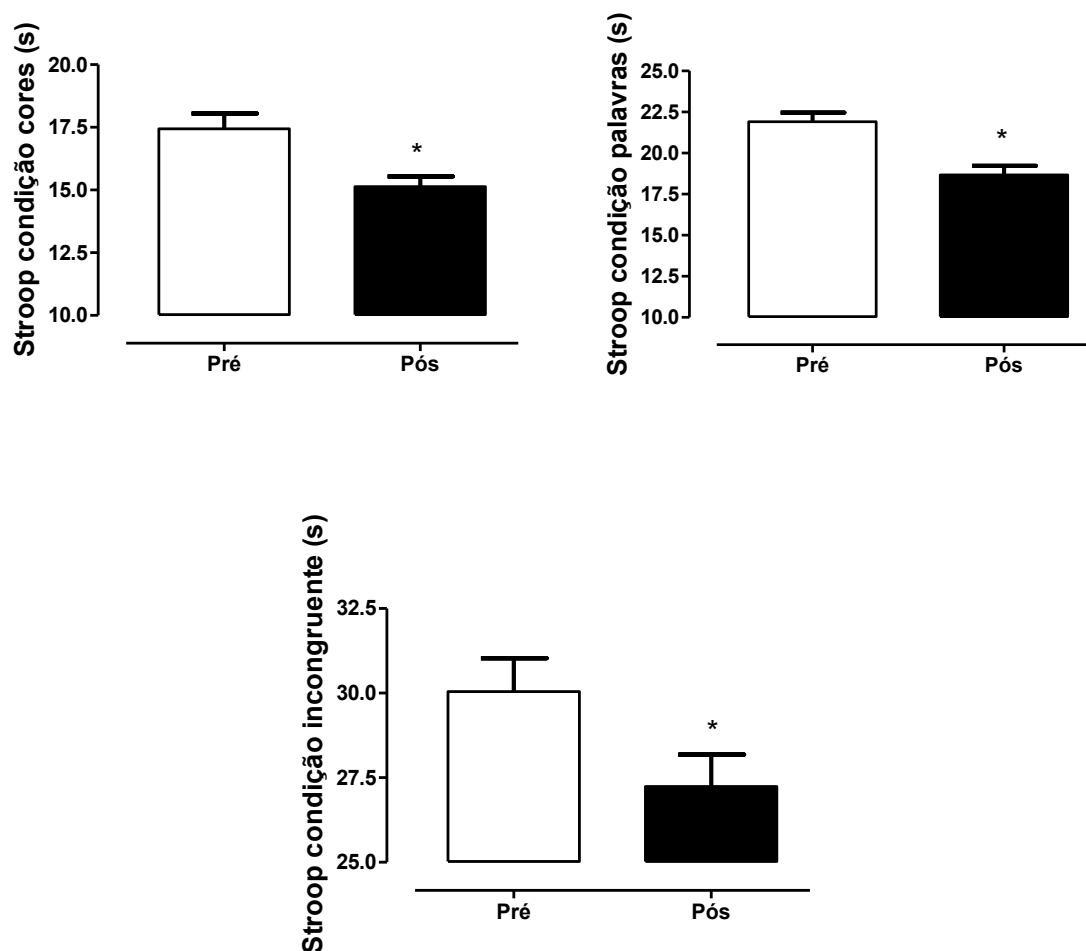
Tabela 5. Percentuais dos alunos de acordo com a aptidão física

	<b>Média ± desvio padrão</b>	<b>Acima</b>	<b>Abaixo</b>
<b>Corrida/caminhada em 6 min (metros)</b>	737,6 ± 87,7	4%	96%

### 3.2.2 Impacto do exercício físico agudo no desempenho do TSt

Após a realização da corrida/caminhada dos 6 min, os tempos em todas as condições do TSt aplicadas reduziram significativamente. Na condição cores (-13,2%;  $p < 0,0001$ ; *effect size*= 0,82), na condição palavras (-14,6%;  $p < 0,0001$ ; *effect size*= 1,05) e na condição incongruente (-9%;  $p < 0,0031$ ; *effect size*= 0,53) (Gráfico 5). Também foi observada uma redução na quantidade de erros na condição incongruente (-41,7%;  $p < 0,048$ ; *effect size*= 0,43).

Gráfico 5 - Impacto do teste físico no desempenho do TSt

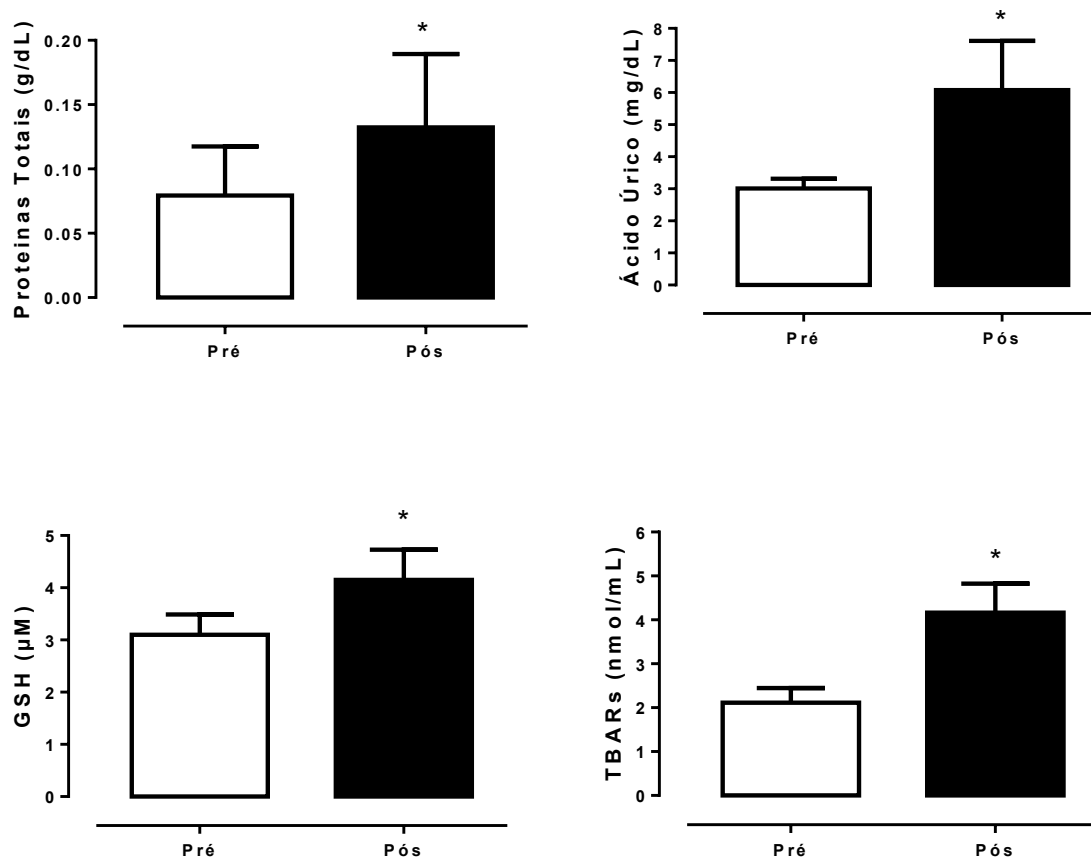


Legenda: \* vs Pré-Teste;  $p < 0,05$ .

### 3.2.3 Impacto do exercício físico agudo nos marcadores bioquímicos

A corrida/caminhada dos 6 min induziu um aumento das concentrações de proteínas totais (67%;  $p < 0,0002$ ; *effect size*= 1,1), ácido úrico (102%;  $p < 0,05$ ; *effect size*= 0,52) GSH (34%;  $p < 0,01$ ; *effect size*= 0,47), TBARs (97%;  $p < 0,02$ ; *effect size*= 0,80) (gráfico 6).

Gráfico 6 - Impacto do teste físico nos marcadores bioquímicos

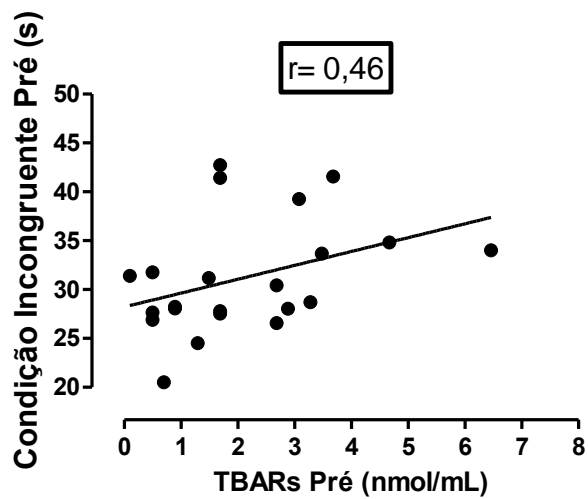


Legenda: \* vs Pré - Teste;  $p < 0,05$ .

As concentrações das TBARs no repouso se associaram positivamente com o desempenho do TSt condição incongruente ( $r = 0,46$ ;  $p < 0,03$ ) (gráfico 7).



Gráfico 7. Correlação das TBARs com a condição incongruente do TSt



## 4 DISCUSSÃO

Na primeira parte do estudo verificamos que os alunos estavam com a aptidão física abaixo dos valores de referência do PROESP-BR, sendo assim considerada baixa para a saúde. A quantidade de estudos que versam sobre o nível de atividade física em amostras de crianças e adolescentes brasileiras são pequenos (Nahas et al., 1995; Maitino, 1997; Andrade et al., 1998; Matsudo et al., 1998), o que mostra a importância do nosso estudo, mas dificulta a comparação dos nossos resultados com outros. Em escolares de 10 a 17 anos de idade da periferia de Bauru, São Paulo, Maitino (1997) relatou que 42% dos investigados eram classificados como sedentários utilizando seus resultados obtidos no teste de corrida em 12 minutos, a partir desse teste o autor observou que esses escolares apresentavam classificações muito fraca e fraca de aptidão cardiorrespiratória. Silva e Malina (2000) observaram que em comparação com as meninas os meninos apresentavam uma maior proporção de indivíduos moderadamente ativos, mas tanto os meninos como as meninas apresentaram percentuais muito grandes de indivíduos sedentários, 85% e 94% respectivamente. Os nossos resultados estão em concordância com os resultados de Gonçalves e Silva (2015) que mostraram uma prevalência de baixa aptidão cardiorrespiratória em adolescentes de 12 anos de idade, 87,5% estavam com uma baixa aptidão cardiorrespiratória, sendo 85,3% dos meninos e 89,4% das meninas. Os meninos apresentaram uma maior aptidão física que as meninas, fato esse observado por Vanhelst e colaboradores (2015) em adolescentes de 12 anos de idade. Vale salientar que não estamos realizando uma categorização do nível de atividade física, pelo resultado do teste cardiorrespiratório, já que como apontado por Fox e Biddle (1988) essa estratégia apresenta algumas limitações, já que a performance pode ser influenciada pelo estágio de maturação sexual, motivação para realizar o teste, habilidade no teste aplicado além das próprias condições do teste.

Diferentes componentes do condicionamento, como a potência aeróbia, força muscular e a própria composição corporal também são associados com um melhor desempenho acadêmico, expressados pelas habilidades matemáticas, capacidade de leitura e o desempenho acadêmico geral (CASTELLI et al., 2007). A aptidão cardiorrespiratória é uma importante valência física pois está relacionada com uma

melhor saúde cardiovascular e melhora da glicemia em pré-adolescentes (BUCK; HILLMAN; CASTELLI, 2007) e também função cognitiva, usando tarefas que exigem quantidades variadas de funções executivas, como por exemplo o teste de Stroop (ADLEMAN et al., 2002; MACLEOD; HALF, 1991). Castelli e colaboradores (2007) após controlar por outras variáveis como idade e status socioeconômico observaram que apenas o condicionamento cardiorrespiratório foi positivamente associado com o desempenho acadêmico, sendo essa observação encontrada em três testes acadêmicos. Esses dados sugerem que um maior condicionamento cardiorrespiratório pode ser associado com melhor desempenho acadêmico, suportando a noção de que o condicionamento é associado com o desempenho cognitivo durante o desenvolvimento. Nossos resultados estão em concordância com os trabalhos mencionados anteriormente, no entanto, na nossa amostra apenas as meninas apresentaram correlação entre condicionamento cardiorrespiratório e resistência muscular com o desempenho no teste de Stroop, essa correlação não foi observada nos meninos. Esses dados nos mostram que para aprimorar as funções executivas e conseqüentemente o desempenho acadêmico, meninas e meninos devem ser treinados de maneira diferente, para que aja melhora em determinada função específica, então se o objetivo for melhorar a atenção seletiva e o controle inibitório, elas precisam aprimorar o condicionamento cardiorrespiratório.

Para os meninos foi observada uma associação da resistência muscular localizada com o desempenho na ToH (torre de Hanói), que avalia a memória de trabalho. Lezak (2004) expõe que desafios cerebrais, símiles a montar um quebra-cabeça ou solucionar enigmas, levam ao cerne das desordens do planejamento, sendo alguns atributos importante para o indivíduo realizar essa tarefa de torre, como conseguir olhar a diante, uma vez que deve encontrar a solução mais direta e com o menor número de movimentos possíveis. As funções executivas podem influenciar diretamente a capacidade das crianças e adolescentes de entender e aplicar o conhecimento no momento certo, agindo de modo mais vantajoso. Indivíduos que não podem planejar de forma eficaz, atualizar a memória de trabalho, mudar de um estado mental para outro e inibir comportamentos impulsivos, provavelmente não serão capazes de realizar a tarefa de sala de aula de maneira apropriada e conseqüentemente ser boa academicamente (St Clair Thompson; Gathercole, 2006). Nos ambientes de aprendizagem como a escola, as demandas pela memória de trabalho são constantes, requerendo armazenamento e

processamento, como ouvir e falar enquanto manipula exercícios, acompanhar instruções complicadas, decifrar palavras pouco familiares e escrever sentenças na memória (Dehn, 2008; Gathercole, 2008). Gathercole e Alloway (2008) afirmam que nessas situações, as informações que são novas devem ser processadas como novas e integradas com o conhecimento prévio, sendo a aprendizagem reduzida ou mais lenta quando a capacidade da memória de trabalho é menor, que pode acontecer por uma sobrecarga de informações na memória de trabalho, com isso indivíduos que possuem pouca capacidade na função referida tem uma aprendizagem mais difícil. Nosso trabalho mostra que uma maior resistência muscular nos meninos está associada negativamente com o tempo e o número de movimentos para executar a torre de Hanói, o que significa uma melhor memória de trabalho, podendo impactar de maneira positiva na capacidade de aprendizado desses jovens.

Como as crianças e adolescentes não atingem as recomendações das taxas de atividade física (EATON et al., 2010), estratégias viáveis em busca de melhores resultados são importantes para aumentar o seu desempenho acadêmico. Apesar de atualmente no Brasil as aulas de Educação Física serem obrigatórias (BRASIL, 1996), a frequência semanal não é pré-estabelecida, sendo assim podemos observar que a maior parte das escolas brasileiras (43%) colocam a aula uma vez por semana (CRESPO, 2012). Em vez de aumentar as oportunidades para a atividade física, muitas escolas têm reduzido as oportunidades de atividade em prol do aumento do tempo em outras disciplinas (Center on Education Policy, 2011).

Além da relação da aptidão física com a cognição, existe também um efeito agudo do exercício aeróbio no desempenho cognitivo, como demonstrado por Kubesch e colaboradores (2009) que observaram aumento no desempenho cognitivo após 30 minutos de aula de educação física, mas os autores não encontraram melhoras após 5 minutos de exercício. Do mesmo modo Howie e colaboradores (2015) não observaram melhora no desempenho cognitivo com 5 minutos de atividade, apenas com 10 e 20 minutos, as atividades realizadas foram, marcha e corrida estacionárias e vários tipos de salto, a intensidade da sessão de treino foi de moderada para vigorosa. Esses dados sugerem que o desempenho cognitivo parece depender da duração da atividade proposta. Em nosso trabalho observamos que 6 minutos de corrida foi capaz de melhorar significativamente o desempenho no Tst (teste de Stroop), teste esse que avalia prioritariamente o

controle inibitório e a atenção seletiva. Vale a ressalva que o estudo do Howe et al. (2015) verificou se o exercício físico realizado em 5 minutos, 10 minutos e 20 minutos poderiam afetar negativamente o desempenho acadêmico dos alunos, e ele observou que não, tanto para testes matemáticos quanto para as funções executivas.

A divergência dos nossos resultados com o de Howie et al (2015), pode ser devido ao tipo de exercício físico proposto, em nosso trabalho, submetemos os indivíduos a uma corrida máxima, enquanto Howie et al (2015) aplicou exercícios calistênicos como forma intervenção, outro fator que pode ter influenciado nessa diferença, é o tempo de aplicação do teste cognitivo após exercício.

Existe uma relação do tempo em que o teste cognitivo é aplicado após o exercício com a melhora em seu desempenho, Chang e colaboradores (2012) constataram em sua metanálise que ao realizar o exercício de baixa intensidade (muito leve, leve e moderada) há uma melhora nos testes cognitivos quando esses são aplicados imediatamente após, nessas intensidades os benefícios não são mais observados se houver um período de recuperação antes da aplicação dos testes. Quando os exercícios são de alta intensidade, os maiores efeitos no desempenho cognitivo são vistos quando se espera um tempo para a aplicação do teste, o tempo ótimo para realizar seria entre 11-20 minutos, em nosso trabalho aguardamos 5 minutos após o exercício e observamos incremento no desempenho cognitivo.

Outros fatores importantes podem influenciar o desempenho cognitivo, como por exemplo, alterações nos marcadores bioquímicos salivares, Ouanes e colaboradores (2017) demonstraram que maiores concentrações de cortisol salivar são encontradas em indivíduos com piores desempenhos cognitivos.

Nas últimas décadas, a saliva tem sido utilizada extensivamente como um fluido biológico para doenças locais e sistêmicas. No final dos anos 70, foi sugerido que modificações na química salivar poderiam fornecer informações sobre a patogênese das doenças (MANDEL, 1980), nos anos 80 o interesse da saliva como uma ferramenta com potencial diagnóstico cresceu e sua relação foi investigada na síndrome de Sjogren, sarcoidose, fibrose cística, disfunção hormonal e doenças neurológicas (MANDEL; BAURMASH, 1976).

A saliva oferece uma alternativa vantajosa ao sangue por causa da sua coleta não invasiva, baixo custo e segura para ambos doador e coletor. Em populações como

crianças, múltiplas coletas podem ser realizadas sem desconforto (WANG et al., 2015).

De acordo com Lindsay e Costello (2016) a saliva é um meio ideal para a análise e diagnóstico de estresse induzido pelo exercício físico, pois contém uma variedade de enzimas, hormônios, anticorpos, constituintes antimicrobianos e fatores de crescimento. Sendo detectáveis compostos não-proteicos orgânicos, tais como ácido úrico, creatinina, bilirrubina, glicose, aminoácidos, ácidos graxos, aminas e lactato. Mais de 2290 proteínas estão presentes na saliva sendo as principais a amilase, imunoglobulina A, anidrase carbônica, proteínas ricas em prolina e catecolaminas. Os hormônios como cortisol e testosterona estão presentes na sua fração livre.

Em relação aos marcadores bioquímicos salivares analisados, foi observado aumento nas concentrações de proteínas totais após o teste de corrida/caminhada em 6 min, o que está intimamente relacionado com a intensidade do exercício, (DE OLIVEIRA et al., 2010). Podemos allear que o controle da secreção salivar é mediado pelo sistema nervoso parassimpático (SNP) e simpático (SNS), no qual o SNP é responsável por uma vasodilatação que induz um aumento na fluidez e na quantidade de saliva, e o (SNS) produz uma vasoconstrição que diminui o fluxo salivar e com isso aumenta a quantidade de proteínas e compostos orgânicos e inorgânicos na saliva (DENNIS; YOUNG, 1978; SCHNEYER, 1976). Por essa razão podemos inferir que o aumento de proteínas totais após o teste de corrida/caminhada dos 6 minutos pode ser explicado pelo aumento da intensidade do exercício que está diretamente relacionada com a ativação do SNS (STAINSBY; BROOKS, 1990).

Nossos resultados mostram que tanto os antioxidantes (GSH e ácido úrico) como os produtos da oxidação (TBARs) aumentaram em resposta ao exercício físico. O GSH é o tiol não proteico mais abundante nas células animais (TAPIERO, 2003), está distribuída livremente em cerca de 85-90% no citoplasma (BOUNOUS, 1989), sendo um dos principais antioxidantes não enzimáticos, sua capacidade antioxidante está centrada na ação redutora do grupo sulfidril (-SH) (KIDD, 1997). Contrastando com os nossos resultados, o estudo de Benitez-Sillero e colaboradores (2009), encontrou uma diminuição dos valores de GSH após um teste incremental máximo, o autor atribui essa diminuição a utilização do GSH para neutralizar os aumentos das ROS induzidas pelo exercício. Uma possível explicação para o aumento das concentrações de GSH em nosso estudo, pode ser a

estimulação do exercício, induzindo o efluxo a partir do fígado. O GSH pode atravessar a membrana plasmática sinisoidal por estímulo do hormônio vasopressina, que tem as suas concentrações significativamente aumentadas durante o exercício físico, sendo disponibilizado para o músculo estriado esquelético para reduzir os danos oxidativos (LEW; PYKE; QUINTANILHA, 1985). Em nosso estudo não foi encontrada qualquer associação das concentrações de GSH salivar com o desempenho cognitivo, também não foram encontrados na literatura estudos que tenham se debruçado sobre as relações de GSH salivar e desempenho cognitivo em jovens saudáveis.

O ácido úrico é o produto final do metabolismo das purinas, tendo possíveis efeitos neuroprotetores por causa da sua ação antioxidante (FANG et al., 2013). Como um antioxidante natural, o ácido úrico fornece mais de 60% da capacidade antioxidante no sangue humano e mais de 70% na saliva (AMES et al., 1981), preserva a atividade das peroxidases SOD (superóxido dismutase), que defendem contra a formação de ânion superóxido ( $O_2^{\cdot-}$ ) (HINK; FUKAI, 2002). O ácido úrico pode também proteger o citoesqueleto de danos causados por inativação de enzimas celulares induzidos por peroxinitrito. No entanto não observamos qualquer correlação entre as concentrações de ácido úrico salivar e o desempenho cognitivo. O fato de não termos encontrado qualquer correlação pode residir nas características da nossa amostra que foi composta por indivíduos jovens e saudáveis, além do fluido utilizado para as análises, que foi a saliva, diferente dos estudos que mostraram associação que foram constituídos de indivíduos idosos e o fluido analisado foi o sangue (EUSER et al., 2009; MOLSHATZKI et al., 2015).

A interação entre as espécies reativas de oxigênio e a membrana celular resulta em peroxidação lipídica, esse processo acarreta em alterações na estrutura e na permeabilidade da membrana celular, que pode comprometer o metabolismo celular. Quando a peroxidação lipídica acontece, há perda da seletividade na troca de ions, liberação do conteúdo de organelas e formação de produtos citotóxicos, como por exemplo, o malondialdeído (MDA) (FERREIRA et al., 1997). Esse produto de peroxidação pode ser analisado pelo método de TBARs, método inicialmente proposto por Buege e Aust (1978). Nossos resultados mostram que uma sessão de exercício físico, no formato de corrida, é capaz de aumentar as concentrações de TBARs salivar o que está de acordo com o trabalho de Sant'Anna e colaboradores (2016), que mostraram aumentos nas concentrações de TBARs salivar após um

teste incremental máximo de corrida. O presente estudo é o primeiro de nosso conhecimento a fazer a relação das concentrações de TBARs salivar com o desempenho cognitivo em jovens, observamos na parte I do estudo uma associação negativa dos valores de TBARs com os erros na condição incongruente do TSt e uma correlação positiva com o tempo da ToH. Na segunda parte do estudo encontramos uma correlação positiva das concentrações de TBARs com o tempo para realizar a condição incongruente do Tst. A peroxidação lipídica salivar parece corresponder a um melhor ou pior desempenho cognitiva, no entanto mais trabalhos são necessários para confirmar esses resultados.

Não observamos qualquer correlação dos níveis de triglicerídeos salivares com o desempenho cognitivo, diferente de outros estudos que mostraram essa associação, no entanto eles realizaram as análises de triglicerídeos no sangue (ELIAS et al., 2003; NEIBERG et al., 2016), alguns possíveis mecanismo para explicar os resultados encontrados por esses autores são que altos níveis de triglicerídeos são marcadores de resistência a insulina, alterados níveis de insulina podem gerar uma deficiência de substratos energéticos no cérebro, aumento nos níveis de estresse oxidativo, disfunção mitocondrial, além de dano na barreira hematoencefálica (DE LA MONTE, 2012). Altos níveis de triglicerídeos podem também prejudicar a passagem da leptina pela barreira hematoencefálica, prejudicando a sua chegada ao cérebro onde podem atuar melhorando a cognição, ou reduzindo as taxas de declínio cognitivo (FARR; TSOUKAS; MANTZOROS., 2015).



## CONCLUSÃO

Concluimos que os meninos possuem uma aptidão física maior que as meninas, no entanto não há diferença significativa no desempenho cognitivo entre os sexos. Isso sugere que a aptidão física por si só não determina uma condição cognitiva aprimorada. Os indivíduos de ambos os sexos em sua maioria apresentam níveis de condicionamento considerados como de risco para a saúde.

Não foram observadas diferenças nas funções cognitivas analisadas entre os indivíduos de ambos os sexos. Nesse seguimento, foi possível demonstrar que a aptidão física se correlaciona com o desempenho cognitivo, porém de maneira diferente entre meninas e meninos, as primeiras sendo mais sensíveis a tarefa que avalia controle inibitório e atenção seletiva, apresentando relações tanto para a aptidão cardiorrespiratória quanto para a resistência muscular, já os rapazes apresentam correlação significativa apenas entre a resistência muscular e a tarefa que avalia memória de trabalho, flexibilidade cognitiva e inteligência fluida.

Foi possível observar também que apenas 6 minutos de exercício físico é capaz de melhorar o controle inibitório e a atenção seletiva de maneira aguda em jovens de ambos os sexos.

Níveis de peroxidação lipídica em repouso estão associados negativamente com o controle inibitório e atenção seletiva (teste de Stroop) em escolares, no entanto mais trabalhos que avaliem a peroxidação lipídica na saliva e as funções cognitivas são necessários para confirmar esses resultados.

A saliva é um fluido que pode ser utilizado de maneira alternativa ao sangue, quando se trata de alterações agudas induzidas pelo exercício físico, mas aparentemente não apresentam as mesmas correlações que o sangue entre marcadores bioquímicos e as funções cognitivas.

## REFERÊNCIAS

ADLEMAN, N. E. et al. A developmental fMRI study of the Stroop Color-Word Task. **Neuroimage**, v.16, n. 1, p. 61-75, 2002.

AMES, B. N. et al. Uric acid provides an antioxidant defense in humans against oxidant-and-radical –caused aging and cancer: a hypotesis. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 78, p. 6858-6862, 1981

ALVAREZ, J. A.; EMORY, E. Executive Function and the Frontal Lobes: A Meta-Analytic Review. **Neuropsychology review**, v. 16, n. 1, p. 17-42, 2006.

AMES, B. N. et al. Uric acid provides an antioxidant defense in humans against oxidant and radical caused aging and cancer: a hypothesis. **Proceeding of the National Academy of Sciences**, v. 78, p. 6858-6862, 1981.

ANDRADE, D.; ARAÚJO, T.; MATSUDO, S. M.; MATSUDO, V. K.; ANDRADE, E.; ROCHA, A.; ANDRADE, R., Physical activity patterns in female teenagers from different socioeconomic regions. In: CASAGRANDE G.; VIVIANI, F. (Ed.). **Physical activity and health: physiological, behavioral and epidemiological aspects**. Padova: UNIPRESS, 1998. p. 115-122.

ATKINSON, R. C; SHIFFRIN, R. M. The Psychology of learning and motivation: advances. In: SPENCE, K. W. (Ed.). **Research and theory**, (Academic Press, New York). v. 2, p. 89-125. 1968.

BADDELEY, A. Working memory. Oxford: Oxford University, 1986

\_\_\_\_\_. Working memory. **Science**. v. 255, n. 5044, p. 556-559, 1992.

BALACHANDAR, R. et al. Classic tower of Hanoi, planning skills, and the Indian elderly. **East Asian Archives of Psychiatry**, v. 25, n. 3, p. 108, 2015.

BEAL, M. F. Oxidatively modified proteins in aging and disease. **Free Radical Biology and Medicine**. v. 32, n. 9, p. 797-803, 2002.

BENITEZ-SILLERO, J. et al. Influence of intense exercise on saliva glutathione in prepubescent and pubescent boys. **European Journal of Applied Physiology**. v. 106, p. 181-186, 2009.

BERKMAN, E. T.; FALK, E. B.; LIEBERMAN, M. D. In The Trenches of Real-World Self-Control: Neural Correlates of Breaking the Link Between Craving and Smoking. **A Journal of the Association for Psychological Sciences**. v. 22, n. 4, p. 498-506. 2010.

BETTI, M. Perspectivas na formação profissional. In: GEBARA A.; MOREIRA W. W. **Educação física & esportes: perspectivas para o século XXI**. Campinas: Papirus; 1992. (Coleção Corpo & Motricidade).

BIDDLE, S. J. H.; FOX, K. R.; BOUTCHER, S. **Physical activity and psychological well-being**. London; New York: Routledge, 2001.

BIDDLE, S. J. H.; MUTRIE, N. **Psychology of physical activity: determinants, well-being, and interventions**. 2. ed. London: Routledge, 2001

BUCK, S. M.; HILLMAN, C. H.; CASTELLI, D. M. The Relation of Aerobic Fitness to Stroop Task Performance in Preadolescent Children. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 40, n. 1, p. 166-172, 2008.

BOUNOUS, G. et al. Immunoenhancing property of dietary whey protein in mice: role of glutathione. **Clinical investigative medicine**, v. 12, p. 154-161, 1989.

BOVERIS, A.; CHANCE, B. The Mitochondrial generation of Hydrogen Peroxide. general properties and effect of Hyperbaric Oxygen. **Biochemical Journal**. v. 134, n. 3, p. 707-716, 1973.

BRASIL. Lei n.º 9.394 de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm)>.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: educação física**. Brasília: MEC/SEF, 1998.

CASPERSEN, C. J.; POWELL, K. E.; CHRISTENSON, G. M. Physical Activity, Exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. **Public Health Reports**. v. 100, n. 2, p. 126-131, 1985.

CASTELLI, D. M. et al. Physical fitness and academic achievement in 3rd and 5th grade students. **Journal of Sport and Exercise Psychology**. v. 29, p. 239-252, 2007.

Center on Education Policy. (2011). Strained schools face bleak future: Districts foresee budget cuts, teacher layoffs, and a slowing of education reform efforts. Disponível em: <[http://www.cep-dc.org/cfcontent\\_file.cfm?Attachment¼KoberRentner\\_Report\\_StrainedSchools\\_063011.pdf](http://www.cep-dc.org/cfcontent_file.cfm?Attachment¼KoberRentner_Report_StrainedSchools_063011.pdf)>.

CHADDOCK, L. et al. A review of the relation of aerobic fitness and physical activity to brain structure and function in children. **Journal of the international neuropsychological society**. v. 17, n. 6, p. 975—85, 2011.

COMMONER, B.; TOWNSEND, J.; PAKE, G. E. Free radicals in biological materials. **Nature**. v. 174, p. 689-691, 1954.

CRESPO, C. D. Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar (PeNSE). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012.

DABBS, J. M. Salivary testosterone measurements in behavioral studies. **Annals of the New York Academy of Sciences**. v. 694, p. 177-83, 1993.

DALFO, E. P. et al. Evidence of oxidative stress in the neocortex in incidental lewy body disease. **Journal of Neuropathology & Experimental Neurology**. v. 64, p. 816-930, 2005.

DAVIS, C. L. et al. Exercise Improves executive function and achievement and alters brain activation in overweight children: a randomized controlled trial. **Health Psychology**. v. 30, n. 1, p. 91-98, 2011.

DEBY, C.; GOUTIER, R. New perspectives on the biochemistry of superoxide anion and the efficiency of superoxide dismutases. **Biochemical Pharmacology**. v. 39, p. 399-405, 1990.

DEHN, M. J. Working memory and academic learning: assessment and intervention. New Jersey: John Wiley & Sons, Hoboken, 2008.

DE LA MONTE, S. M. Brain insulin resistance and deficiency as therapeutic targets in alzheimer's disease. **Current Alzheimer research**. v. 9, p. 35, 2012.

DONNELLY, J. E.; LAMBOURNE, K. Classroom-based physical activity, cognition, and academic achievement. **Preventive Medicine**. v. 52, p. 36-42, 2011.

DIAMOND, E. Executive Functions. **Annual Review Psychology**. v. 64, p. 135-168, 2013.

EATON, D. K. et al. Youth risk behavior surveillance. **Centers for disease control and prevention**. v. 59, n. 5, p. 1-142, 2010.

EDGAR, M.; DAWES, C.; O'MULLANE, D. **Saliva and oral health**. 4. ed. Stephen Hancocks, 2012.

ELIAS, M. et al., Lower cognitive function in the presence of obesity and hypertension: the framingham heart study. **Internationa jornal of obesity**. v. 27, p. 260-268, 2003.

ELST, W.; BOXTEL, V.; BREUKELEN, G.J.P.; JOLLES, J. The Stroop color-word test: influence of age, sex, and education; and normative data for a large sample across the adult age range. **Assessment**. v. 13, n. 1, p. 62-79, 2006.

EUSER, S. M.; et al. Serum uric acid and cognitive function and dementia. **Brain a Journal of Neurology**. v. 132, p. 377-382, 2009.

EYSENCK, M. W.; KEANE, M. T. **Cognitive psychology**. New York: Psychology, 2005.

FANG, P. et al. A Double-edged sword: uric acid and neurological disorders. **Brain Disorders Therapy**. v. 2, n. 2, p. 109-116, 2014.

FARR, O. M .; TSOUKAS, M. A.; MANTZOROS, C. S. Leptin and the brain: influences on brain development, cognitive functioning and psychiatric disorders. **Metabolism**. v. 64, p. 114-130.

FERREIRA, A. L. A.; MATSUBARA, L. S. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. **Associação Médica Brasileira**. v. 43, n. 1, p. 61-68, 1997.

FRIDOVICHI, I. The Biology of oxygen radicals. **Science**. v. 201, p. 875-880, 1978.

FUENTES, D.; MALLOY-DINIZ, L. F.; CAMARGO, C. H. P.; COSENZA, R. M. **Neuropsicologia: teoria e prática**. Porto Alegre: Artmed, 2008.

FUNAHASHI, S.; ANDREAUS, J. M. Prefrontal cortex and neural mechanisms of executive function. **Journal of Physiology Paris**. v. 107, n. 6, p. 471-482, 2013.

GANDHI, S.; ABRAMOV, A. Y. Mechanism of oxidative stress in neurodegeneration. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**. v. 2012, p. 1-11, 2012.

GAYA, A.C.A.; LEMOS, A.; GAYA, A.; TEIXEIRA, D.; PINHEIRO, E.; MOREIRA, R. **Projeto Esporte Brasil – PROESP-BR: manual de testes e avaliações**. Porto Alegre – RS, 2015. p. 29.

GILBERT, S. J; BURGUESS, P. W. Executive function. **Current Biology**. v. 18, n. 3, p. 110-114, 2008.

GOEL, V.; PULLARA, D.S; GRAFMAN, Jordan. A computational model of frontal lobe dysfunction: Working memory and Tower of Hanoi task. **Cognitive Science**, v. 25, n. 2, p. 287-313, 2001.

GOMEZ-PINILLA, F.; HILLMAN, C. The Influence of exercise on cognitive abilities. **Comprehensive Physiology**. v. 3, n. 1, p. 403-428, 2013.

GONÇALVES, E. C.; SILVA, D. A. Factors associated with low levels of aerobic fitness among adolescents. **Revista Paulista de Pediatria**. v. 34, n. 4, p. 141-147, 2016.

GORNALL, A.G.; BARDAWILL, C.J.; DAVID, M.M. Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. **The Journal of Biological Chemistry**. v. 177, p. 751-766, 1949

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. **Free radicals in biology and medicine**. 4. ed. Oxford, UK: Oxford University Press, 2007.

HAMANAKA, R. B; CHANDEL, N. S. Mitochondrial Reactive Oxygen Species Regulate Cellular Signaling and Dictate Biological Outcomes. **Trends In Biochemical Sciences**. v. 35, n. 9, p. 505-513, 2010.

HINK, H. U.; FUKAI, T. Extracellular superoxide dismutase, uric acid, and atherosclerosis. **Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology**. v. 67, p. 483-490, 2002

HIPPEL, W. V.; GONSALKORALE, K. "That is Bloody Revolting!" Inhibitory Control of Thoughts Better Left Unsaid. **A Journal of the Association for Psychological Sciences**. v. 16, n. 7, p. 497-500, 2005.

HOFMANN, W.; SCHMEICHEL, B. J.; BADDELEY, A. D. Executive functions and self-regulation. **Trends in cognitive Sciences**. v. 16, n. 3, p. 174-180, 2012.

HOWIE, E. K.; SCHATZ, J.; PATE, R. R. Acute effects of classroom exercise breaks on executive function and math performance: a dose-response study. **Research quarterly for exercise and sport**. v. 86, n. 3, p. 217-224, 2015.

JACKSON, M. J.; VASILAKI, A.; MCARDLE, A. Cellular mechanisms underlying oxidative stress in human exercise. **Free radical biology and medicine**. v. 98, p. 13-17, 2016.

KALK, W et al. Sialometry and sialochemistry: a non-invasive approach for diagnosing sjogren's syndrome. **Annals of the Rheumatic Disease**, v. 61, n. 2, p. 137-144, 2002.

KELLER, O. S.; EL-SHEIKH, M.; GRANGER, D. A.; BUCKALT, J. A. Interactions between salivary cortisol and alpha-amylase as predictors of children's cognitive functioning and academic performance. **Physiology & Behavior**. v. 105, n. 4, p. 987-995, 2012.

KIDD, Parris M. et al. Glutathione: systemic protectant against oxidative and free radical damage. **Alternative Medicine Review**, v. 2, n. 3, p. 155-176, 1997.

KUBESCH, S. et al. A 30-Minute Physical Education Program improves student's executive attention. **Mind, Brain, and Education**. v. 3, n. 4, p. 235-242, 2009.

LEW, H.; PYKE, S.; QUINTANILHA, A. Changes in the glutathione status of plasma, liver and muscle following exhaustive exercise in rats. **Federation of european biochemical societies**. v. 185, n. 2, p. 262-266, 1985.

LEZAK, M. D.; HOWIESON, D. B.; LORING, D. W. *Neuropsychological assessment*. 5. ed. New York: Oxford University, 2004.

LINDSAY, A.; COSTELLO, J. Realising the potential of urine and saliva as diagnostic tools in sport and exercise medicine. **Sports medicine**, p. 1-21, 2016.

LOSCHEN, G.; AZZI, A.; RICHTER, C.; FLOHE, L. Superoxide Radicals as Precursors of Mitochondrial Hydrogen Peroxide. **Federation of European Biochemical Societies**. v. 42, n. 1, p. 68-72, 1974.

MACLEOD, C. M. Half a century of research on the stroop effect: an integrative review. **Psychological Bulletin**. v. 109, n. 2, p. 163-203, 1991.

MAIA, J. A. R.; LOPES, V. P.; MORAIS, F. P. **Atividade física e aptidão física associada à saúde**: um estudo de epidemiologia genética em gêmeos e suas famílias realizado no arquipélago dos Açores. Porto: Região Autónoma dos Açores, Universidade do Porto. Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física 2001.

MAITINO, E. M. Aspectos de risco coronariano em casuística de crianças de escola pública de primeiro grau em Bauru, SP. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**. v. 2, n. 1, p. 37-52, 1997.

MANDEL, I. D. Sialochemistry in disease and clinical situations affecting salivary glands. **Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences**. v. 12, p. 321-366, 1980.

MANDEL, I. D.; BAURMASH, H. Sialochemistry in Sjogren's syndrome. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology**. v. 41, p. 182-187, 1976.

MARTINS, R. M. O que identifica e diferencia a Educação Física dentro da escola? Uma breve reflexão na visão de Tomaz Tadeu da Silva. **Lecturas, Educación Física y Deportes, Revista Digital**. año 13, n. 129, 2009.

MATSUDO, V. K.; MATSUDO, S. M.; ANDRADE, D. R.; ROCHA, A.; ANDRADE, E.; ANDRADE, R. Level of physical activity in boys and girls from low socio-economic region. In: CASAGRANDE, G.; VIVIANI, F. (Ed.). **Physical Activity and health: physiological, behavioral and epidemiological aspects**. Padova: UNIPRESS, 1998. p. 115-122,

MESA, J. L. et al. Aerobic physical fitness in relation to blood lipids and fasting glycaemia in adolescents: influence of weight status. **Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases**. v. 16, n. 4, p. 285-293, 2006.



MOLSHATZKI, N. et al. Serum uric acid and subsequent cognitive performance in patients with pré-existing cardiovascular disease. **Plos One**. v. 10, n. 3, p. 1-11, 2015.

NAHAS, M. V. et al. Educação para a atividade física e saúde. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**. v. 1, n. 1, p. 57-65, 1995.

NAIBERG, M. R. et al. Elevated triglycerides are associated with decreased executive function among adolescents with bipolar disorder. **Acta psychiatrica scandinavica**. v. 134, n. 3, 1-8, 2016.

OLIVEIRA, M. A. T. Existe espaço para o ensino de Educação Física na escola básica ? **Pensar a Prática**. v. 2, p. 119-135, 2006.

ORTEGA, F. B.; RUIZ, J. R.; CASTILLO, M. J.; SJOSTROM, M. Physical fitness in childhood and adolescent: a powerful marker of health. **International Journal of Obesity**. v. 32, n. 1, p. 1-11, 2008.

OUANES, S. et al. Life events, salivary cortisol, and cognitive performance in nondemented subjects: a population-based study. **Neurobiology of Aging**. v. 51, p. 1-8, 2017.

PACHER, P.; BECKMAN, J. S.; LIAUDET, L. Nitric oxide and peroxynitrite in health and disease. **Physiological Reviews**. v. 87, p. 315-424, 2007.

PROCTOR, G.; CARPENTER, G. Regulation of salivary gland function by autonomic nerves. **Autonomic Neuroscience: Basic e Clinical**, v. 133, n. 1, p. 3-18, 2007.

PRONK, T. M; KARREMANS, J. C; WIGBOLDUS, D. H. J. How can you resist? executive control helps romantically involved to stay faithful. **Journal of Personality and Social Psychology**. v. 100, n. 5, p. 827-837, 2011.

ROSENDO-DA-SILVA, R. C.; MALINA, R. M. Nível de atividade física em adolescentes do município de Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**. v. 16, n. 4, p. 1091-1097, 2000.

RUIZ, J. R.; RIZZO, N. S.; HURTIG-WENNLOF, A.; ORTEGA, F. B.; WARNBERG, J.; SJOSTROM, M. Relations of total physical activity and intensity to fitness and fatness in children: the european youth heart study. **The American Journal of Clinical Nutrition**. v. 82, n. 2, p. 299-303, 2006.

SÁNCHEZ-RODRIGUEZ, M. A. et al. Relationship between oxidative stress and cognitive impairment in the elderly of rural vs. Urban communities. **Life Sciences**. v. 78, p. 1682-1687, 2006.

SHALLICE, T.; BURGESS, P. Higher-order cognitive impairments and frontal lobe lesions in man. In: \_\_\_\_\_. **Frontal Lobe Function and Dysfunction**. Oxford University Press, New York, USA, p. 125-138, 1991.

ST-PIERRE, J. et al. Topology of superoxide production from different sites in the mitochondrial electron transport chain. **The Journal of Biological Chemistry**. v. 277, n. 47, p. 44784-44790, 2002.

ST CLAIR-THOMPSON, H. L.; GATHERCOLE, S. E. Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. **Quarterly Journal of Experimental Psychology**. v. 59, n. 4, p. 745-759, 2006.

STRAUSS, E.; SHERMAN, E.M.S.; SPREEN, O. **A compendium of neuropsychological tests: administration, norms, and commentary**. 3. ed. New York: Oxford University, 2006.

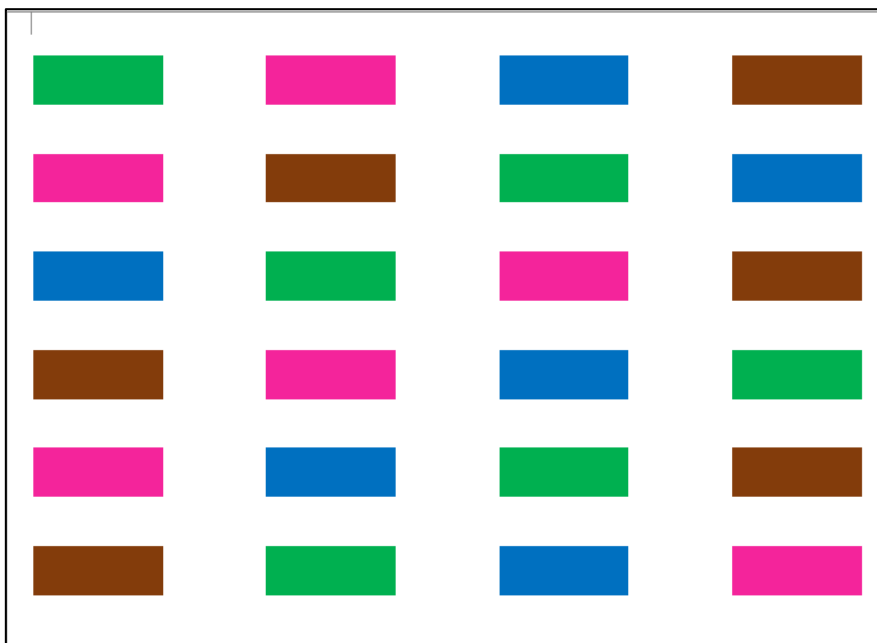
TAPIERO, H.; TEW, K. The importance of glutathione in human disease. **Biomedicine e Pharmacotherapy**, v. 57, n. 3, p. 145-155, 2003.

TIETZE, F. Enzymic method for quantitative determination of nanogram amounts of total and oxidized glutathione: applications to mammalian blood and other tissues. **Analytical Biochemistry**. v. 27, n. 3, p. 502-522, 1969.

TURRENS, J. F. Mitochondrial formation of reactive oxygen species. **Journal of Physiology**. v. 552, p. 335-344, 2003.

VANHELST, J. et al. Physical fitness levels of adolescents in the Ile de France region: comparisons with European standards and relevance for future cardiovascular risk. **Clinical Physiology and Functional Imaging**. v. 35, n. 4, p. 1-6, 2015.

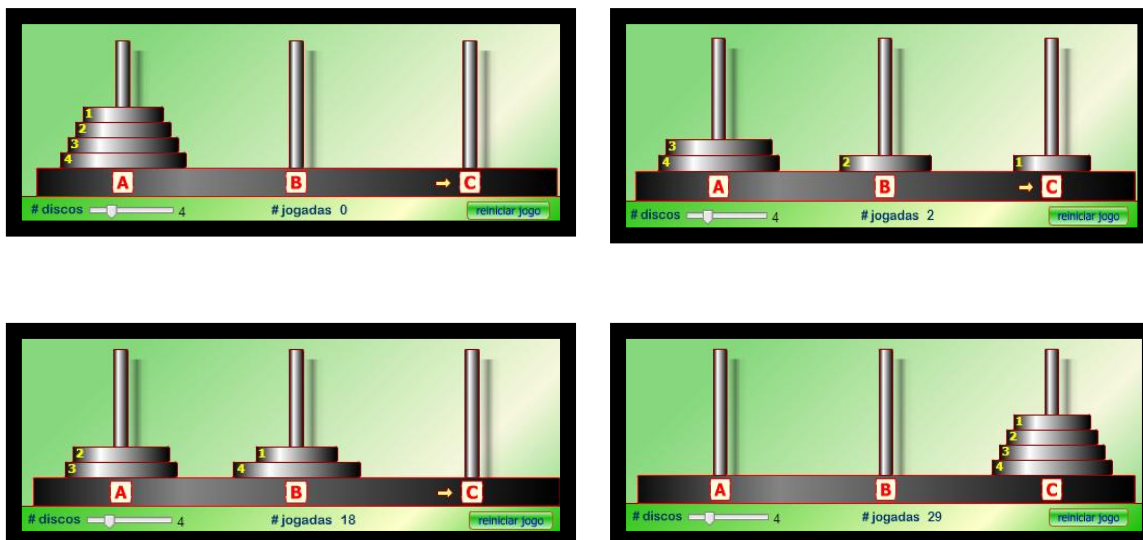
WANG, J. et al. Salivary biomarkers of oxidative stress: a critical review. **Free Radical Biology e Medicine**, v. 85, p. 95-104, 2015.

**ANEXO A – Teste de Stroop**Condição coresCondição palavras

Condição incongruente



MARROM	AZUL	ROSA	VERDE
AZUL	VERDE	MARROM	ROSA
MARROM	ROSA	VERDE	AZUL
VERDE	AZUL	ROSA	MARROM
MARROM	VERDE	AZUL	ROSA
ROSA	AZUL	VERDE	MARROM

Fonte: Adaptado de KULAIF, 2005.




**ANEXO B – Teste da torre de hanói**

Fonte: Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS (<http://www.ufrgs.br/psicoeduc/hanoi/>), 2005, com licença GPL de software.

## ANEXO C - Termo de consentimento livre e esclarecido

	<b>Universidade do Estado do Rio de Janeiro</b> <b>Instituto de Educação Física e Desportos</b> <b>Laboratório de Fisiopatologia do Exercício</b>	
<b>TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</b>		
Nome: _____ Contato: _____		
<b>TRABALHO DE PESQUISA: O papel da Educação Física escolar sobre o desempenho acadêmico</b>		
<p>Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário (a), em um projeto de pesquisa. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir e no caso de aceitar fazer parte deste estudo, assine ao final deste documento. Só poderão participar da pesquisa os alunos que apresentarem atestado médico liberando o aluno para a prática de Educação Física na escola.</p> <p>Serão mensurados parâmetros antropométricos e bioquímicos por meio da coleta de saliva. Asseguramos que as coletas de saliva são totalmente indolores e serão realizadas por um pesquisador treinado em local apropriado, sendo utilizado material descartável e todo o procedimento de assepsia será realizado. Todos os resultados obtidos serão mantidos em sigilo e somente serão divulgados como resultado conjunto, sem a possibilidade de identificação daqueles que participaram do estudo.</p> <p>A realização deste estudo não oferece risco algum para sua saúde e que não haverá despesas por parte dos participantes, nem mesmo retorno financeiro. Se desejar você poderá se retirar da pesquisa, a qualquer momento, sem nenhum tipo de prejuízo.</p>		
<b>CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO COMO VOLUNTÁRIO</b>		
Declaro estar ciente das informações deste Termo de Consentimento e concordo voluntariamente em participar deste estudo, sabendo que poderei me retirar do mesmo a qualquer momento sem penalidade.		
_____ Data: ___/___/___ Assinatura do (a) voluntário (a)		
Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido da voluntária para participação no estudo.		
_____ Data: ___/___/___ Assinatura do responsável pelo estudo		
Prof. Dr. Gustavo Casimiro Lopes (IEFD / UERJ) Contatos: 2334-0790 <a href="mailto:profcasimiro@uerj.br">profcasimiro@uerj.br</a> Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Pedro Ernesto Avenida 28 de Setembro 77 – Térreo Tel: (21)2868-8253 e-mail: <a href="mailto:cep-hupe@uerj.br">cep-hupe@uerj.br</a>		

## ANEXO D - Aprovação do Comitê de Ética

 	<b>HOSPITAL UNIVERSITÁRIO PEDRO ERNESTO/ UNIVERSIDADE DO ESTADO</b>	
<b>PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP</b>		
<b>DADOS DO PROJETO DE PESQUISA</b>		
<b>Título da Pesquisa:</b> Educação Física e desempenho acadêmico.		
<b>Pesquisador:</b> Gustavo Casimiro Lopes		
<b>Área Temática:</b>		
<b>Versão:</b> 1		
<b>CAAE:</b> 30713214.9.0000.5259		
<b>Instituição Proponente:</b> Hospital Universitário Pedro Ernesto		
<b>Patrocinador Principal:</b> FUN CARLOS CHAGAS F. DE AMPARO A PESQUISA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO - FAPERJ		
<b>DADOS DO PARECER</b>		
<b>Número do Parecer:</b> 758.530		
<b>Data da Relatoria:</b> 13/08/2014		
<b>Apresentação do Projeto:</b>		
Continuação do Parecer: 721.172		
<b>Objetivo da Pesquisa:</b>		
Continuação do Parecer: 721.172		
<b>Avaliação dos Riscos e Benefícios:</b>		
Continuação do Parecer: 721.172		
<b>Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:</b>		
Continuação do Parecer: 721.172		
<b>Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:</b>		
Continuação do Parecer: 721.172		
<b>Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:</b>		
- Foram atendidas as solicitações do Parecer Consubstanciado anterior. Projeto aprovado.		
<b>Situação do Parecer:</b>		
Aprovado		
<b>Endereço:</b> Avenida 28 de Setembro 77 - Térreo <b>Bairro:</b> Vila Isabel <b>CEP:</b> 20.551-030 <b>UF:</b> RJ <b>Município:</b> RIO DE JANEIRO <b>Telefone:</b> (21)2988-8253 <b>Fax:</b> (21)2284-0853 <b>E-mail:</b> cep-hupe@uerj.br		
Página 01 de 02		