

A Física no Esporte: Corrida de rua e sua relação com a Biomecânica

Eliani Cristina Machado e Rubem Braga Carvalho Alves

Especialização em Ensino de Física, Universidade Federal do Pará, 67030-000, Ananindeua-PA, Brasil

Carlos Alberto Brito da Silva Júnior

Faculdade de Física, Universidade Federal do Pará, 67030-000, Ananindeua-PA, Brasil

RESUMO - Neste trabalho estão descritas atividades práticas envolvendo duas corridas nas ruas de Belém, a corrida do Círio e do circuito Banco do Brasil de 2017, com participação de 10 atletas, sendo 4 homens (2 amadores e 2 profissionais) e 6 mulheres, todas amadoras, que fizeram o mesmo percurso de 10 km em cada corrida. Grupos formados por diferentes gêneros, faixas etárias e profissões, cultuam como atividade regular, a corrida de rua. O material utilizado na pesquisa foi questionário com 10 perguntas feitas aos atletas, antes e após a corrida, trena, balança e um relógio GPS. Através de dados estatísticos foi verificado a velocidade média, variância, desvio padrão e frequência de cada atleta. Com isso foi avaliado as características biofísica de cada atleta, em cima dos movimentos, comprimento da passada, tempo para percorrer 10 km. A aplicação da biomecânica no cotidiano de quem pratica atividade física são recomendações contidas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e justificam a importância da sua inclusão nas aulas de Física.

Palavras-chave - Biomecânica, corrida de rua, PCNs e Física.

I. INTRODUÇÃO

Dentre os problemas que afligem o sistema educacional brasileiro, apontados por [1], podem ser identificados os estruturais e os pedagógicos. Pois, o ensino tradicional de ciências do fundamental ao superior, tem se mostrado pouco eficiente, seja tanto na perspectiva dos estudantes e professores, quanto das expectativas da sociedade.

Batista afirma que após um extenso trabalho de revisão da literatura constatou que as investigações estão centradas na Biomecânica, pois ela é um ramo do conhecimento científico que tem atendido somente ao esporte de alto rendimento e que por isso ela não teria um papel relevante a ser exercido no contexto da Educação Física Escolar [2]. Porém não existem muitos trabalhos sobre o Ensino da Biomecânica na Educação Básica, com exceção dos trabalhos de Buck *et al.* [3] para o 4º ciclo (8º e 9º ano, antigas 7ª e 8ª séries) do Ensino Fundamental e acrescentamos o trabalho de Toigo [4] para as séries iniciais do Ensino Fundamental.

De acordo com as Refs. [1, 5, 6], a Biomecânica deriva das Ciências Naturais e está presente em todos os movimentos do ser humano, desde o simples gesto de levantar o garfo até a boca até uma disputa de medalha olímpica nas corridas de 100m e 5000m, que visa, por meio dos conceitos da Mecânica que é um ramo da Física Clássica, analisar e compreender os complexos movimentos do corpo

humano e suas causas em atividades esportivas, procurando otimizar o processo de aprendizado e os resultados, bem como diminuir os riscos de lesões.

As Refs. [1,7] argumentam que a Biomecânica nas universidades é estudada somente por técnicos de esporte de alto rendimento ou por aqueles que dominam os conceitos físicos e matemáticos. Setlik e Higa [8], a matemática é a linguagem da física, porém o uso excessivo dela dificulta o aprendizado nas aulas de física, tornando esse processo mecânico e distanciando-a da realidade do aluno, sendo assim o professor deve buscar outras linguagens para potencializar o processo de aprendizagem e produzir conhecimento, como a leitura e a escrita. Toigo e Moreira [9] fazem uma investigação e propõem os mapas conceituais como uma estratégia facilitadora da aprendizagem significativa para a disciplina de Biomecânica do Movimento em Esportes num curso de Bacharelado em Educação Física. Para Côrrea e Freire [7] esse tipo de pensamento, usar apenas a matemática, dificulta as relações entre a Biomecânica e a Educação Física na Educação Básica (Educação Infantil, Ensinos Fundamental e Médio). Porém, a Ref. [10] propõe uma integração (interdisciplinaridade) da Física com a Educação Física no cotidiano escolar envolvendo os conceitos no futebol em uma atividade investigativa do tipo intervenção pedagógica com abordagem qualitativa através do ensino por investigação com 30 alunos do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública do estado do RJ na perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) para o problema óExistência diferença na velocidade que uma bola adquire quando um jogador de futebol corre em direção a ela para chutá-la e quando ele efetua o chute sem a corrida?ô.

Freitas e Costa [11] comentam que os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) para a Educação Física Escolar [12] fazem menção a Biomecânica como conteúdo abordado de maneira simplificada no 2º ciclo (6º ao 9º ano) do Ensino Fundamental, especificamente, na faixa etária dos 9 e 10 anos, devendo ser aprofundado no 3º ciclo que compreende o Ensino Médio na disciplina de Física, pois a sociedade contemporânea está dominada por conhecimentos e tecnologias, o que tem exigido da população uma grande capacidade de refletir e de avaliar as constantes transformações do mundo atual, sendo assim, o processo de ensinar e aprender precisa oferecer subsídios aos alunos, para que possam intervir criticamente no meio em que estão inseridos. Para tanto, é necessário que os conteúdos abordados na sala de aula estejam cada vez mais ligados ao

cotidiano dos alunos, contextualização. De acordo com a Ref. [13], uma das maneiras de tornar o ensino de Física contextualizado e interdisciplinar (conectado com a Biologia e/ou com a Educação Física) é por meio do esporte, pois as atividades esportivas estão presentes no dia-a-dia dos alunos e é possível trabalhar os conteúdos de Física relacionados a Mecânica, como os conceitos de espaço, tempo, velocidade, aceleração, força, quantidade de movimento (ou momento linear), impulso e outros conceitos presente na prática esportiva.

Especificamente em relação ao 1º ciclo (1º ao 5º ano) do Ensino Fundamental, lê-se nos PCNs [12] que um dos objetivos da Educação Física nessa etapa da escolarização é:

óconhecer algumas de suas possibilidades e limitações corporais de forma a poder estabelecer algumas metas pessoais (qualitativas e quantitativas)ô.

Uma forma de proporcionar as crianças esse tipo de conhecimento é através da aplicação prática do ensino de Biomecânica de forma complementar no cotidiano de quem pratica atividade física, adaptando seus conteúdos ao potencial de cognição desses aprendizes como fez Toigo [4] que promoveu duas atividades práticas sobre as forças (compressão, inclinação, tração, torção e cisalhamento) que atuam no corpo humano através do estudo da osteologia (parte da anatomia que estuda os ossos) usando moldes de argila onde as crianças conseguiram estabelecer relações e o tecido muscular (os músculos) que geram essas forças através do estudo da miologia (parte da anatomia que estuda os músculos) usando bonecas, massa de modelar e mapas da musculatura esquelética com o objetivo de ensinar os conteúdos de Biomecânica aos alunos de 2º ao 5º ano do Ensino Fundamental no Colégio de Aplicações da UFRGS. As atividades foram encerradas com uma avaliação solicitada pela professora aos alunos que escrevessem e/ou desenhassem o que aprenderam nas duas atividades.

Esporte não é apenas correr, pedalar, nadar, escalar ou jogar. Esporte também é química, física, biologia, matemática, sociologia. Esporte é ciências.

Dessa maneira, os esportes e as atividades que os envolvem são repletos de fenômenos físicos (movimentos, forças, etc.) e podem ser melhor compreendidos e executados quando entendemos como as leis da Física Clássica (ou Mecânica Newtoniana) podem ser aplicadas. Isto é, deve ser relacionada de maneira interdisciplinar à Física com a prática da atividade esportiva (no caso, a corrida de rua) na educação básica para que tenha êxito no processo de ensino-aprendizagem.

A Física aplicada aos esportes é uma área de estudo fascinante onde temos aplicações práticas evidentes e de grande potencial da Biomecânica, a corrida de rua, de modo particular, era o esporte pouco conhecido, que surgiu na Inglaterra no século XVIII, algo que há alguns anos, era motivo de gozação por parte da população. Hoje ela é uma bela ferramenta motivacional para o aprendizado da Física.

Sendo assim, fomos, na sequência, acometidos de um interesse em investigar mais detalhadamente as características dos participantes desse tipo de evento.

Sabe-se que nos dias atuais, em decorrência dos hábitos da vida moderna, o homem se torna cada vez mais óintellectualizadoô e têm uma forte tendência a cultivar hábitos de vida sedentária, contrariando os hábitos de nossos ancestrais que percorriam em torno de 20 a 40 km por dia em busca de sua sobrevivência para caçar, pescar, etc. Estima-se que em nossas atividades rotineiras urbanas caminhamos apenas 2 km por dia. Com a diminuição da movimentação, houve consequentemente uma redução do gasto calórico, o que, faz aumentar as chances de obesidade, que se enquadra dentro das doenças hipocinéticas [14]. Em [15], hipocinesia é um conceito novo para designar as doenças relacionadas à inatividade ou a falta de atividade física regular, que se manifesta especialmente associada a patologias como as cardiopatia, hipertensão arterial sistêmicas, altos índices de gordura corporal, problemas articulares e lombálgicos.

Em contrapartida, o número de indivíduos que estão buscando a prática de algum tipo de atividade física vem se tornando cada vez mais expressivo. Nos últimos anos vem ocorrendo um crescimento significativo na prática da corrida de rua, o que a caracteriza como uma atividade física de massa originado por diversos interesses, tais como: promoção à saúde, estética, integração social, fuga do estresse, combate a depressão, busca de atividades prazerosas e competitivas de baixo custo. Entretanto, a maioria das pessoas praticantes de corrida de rua corre sem nenhum tipo de orientação profissional, podendo surgir adversidades como lesões e morte por infarto, transformando o que era prazeroso em tragédia, como mostra a Ref. [14].

Outra questão relevante é que com a prática regular da corrida, os corredores passam a apresentar algumas adaptações nos padrões de movimento do corpo que diferem de indivíduos não praticantes de corrida, pela própria necessidade de ajustes musculares e articulares relacionados ao esporte.

A temática proposta surgiu através da observação da forma como vem crescendo o número de provas, como, o de praticantes de corrida de rua (pedestrianismo). Esta temática acabou por ser responsável por uma nova etapa em nossa formação acadêmica propiciando o envolvimento inicial com a arte apaixonante da pesquisa.

Mas qual a relação entre a corrida de rua e a Biomecânica? E quais grandezas ou fenômenos físicos podem ser identificados na prática da corrida de rua?

A proposta do presente trabalho é avaliar variáveis cinemáticas (tempo, comprimento e frequência de passada) e biofísicas (tempo, distância e velocidade média no percurso de 10km) em corredores amadores, profissional e aqueles que treinam esporadicamente antes e após a corrida de rua; desenvolver os conceitos da Biomecânica a partir das atividades relacionadas a prática da corrida de rua; utilizar a corrida de rua como uma ferramenta interdisciplinar para aplicação dos conceitos da Biomecânica em sala de aula. Pois, estudar a Física envolvendo a corrida de rua, aplicando nos seres vivos, pode ser muito útil em áreas como a medicina, biomedicina, educação física, fisioterapia, nutrição, entre outras.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

Por meio da fundamentação teórica, do conhecimento das capacidades e das habilidades do Atleta, bem como da observação e da mensuração de diferentes variáveis biomecânicas, profissionais conseguem diferenciar as características técnicas de uma determinada modalidade, do estilo e da vivência motora do atleta, realizando assim correções de possíveis erros e adaptações dessas técnicas à realidade de seus atletas, independentemente da categoria. Em contrapartida, a ausência de fundamentação teórica, o desconhecimento das características dos atletas e a falta de observação e de mensuração das variáveis biomecânicas, podem levar o profissional a utilizar uma determinada técnica esportiva empregada em níveis mais avançados que não é e não poderia ser a mais adequada as vivências físicas e/ou motoras dos seus alunos ou atletas.

2.A- Biomecânica x Corrida de Rua

A partir do exposto acima iremos explicar um pouco dos aspectos biofísicos sobre corrida de rua que acontecem pelo mundo.

Segundo a Ref. [16] dentro dos diversos tipos de locomoção, a mais usada é, sem dúvida, a marcha (caminhada e corrida), que vem a ser uma associação de movimentos rotatórios simples dos membros inferiores, que se transformam em um movimento translacional de todo o corpo. Dentre elas, a corrida é a que chama mais atenção pela rapidez (alta velocidade) e por ser realizada na forma de competição na maioria dos esportes.

Do ponto de vista físico, Monteiro e Araújo [17] concluem que o trabalho para percorrer determinada distância independe do modo de locomoção (caminhada e corrida). Entretanto, andar e correr são mais eficientes em velocidades, respectivamente, abaixo de 6km/h (1,67m/s) e acima de 8km/h (2,22m/s). Contudo, ainda não estão claros quais os mecanismos que o sistema motor humano usa para controle e/ou otimização da demanda energética, nas intensidades de esforço na transição entre a caminhada e a corrida. Porém, uma das respostas é de que as mudanças na forma de locomoção aparecem como uma tentativa de minimizar o gasto energético.

Pode-se dizer que o ato de caminhar é tipicamente modelado como um sistema *rolling eggs* (ovos moles) e/ou pêndulo invertido, em contraste com o ato de correr, modelado como *bouncing ball* (bola de saltar). Sendo assim, dentre as diferenças básicas destes dois modelos e suas habilidades destacam-se:

1- a velocidade, significativamente maior no correr, que provavelmente é o principal indicador para distingui-los. Assim como, as elevadas trocas de energia cinética (E_c) e elástica ($E_{elást}$, proveniente da energia armazenada dos tendões e músculos dos membros em contato com o solo). A velocidade na caminhada (ou andar) pode ser dada pela equação do pêndulo mostrada no trabalho de Gomes e Parteli [18], $v_a = y/(T/2)$, onde $y = 2l \cdot \sin(\theta/2)$ é o comprimento do passo, θ é o ângulo de abertura das pernas e l é o comprimento da perna. O $T = 2 \cdot \pi \cdot (l/g)^{1/2}$ é o período de

oscilação das pernas. Concluindo que $v_a = (2/\pi) \cdot [\sin(\theta/2)] \cdot (g \cdot l)^{1/2}$.

2- o comprimento (amplitude) e a frequência do passo.

3- a magnitude da força vertical pode atingir de 2 a 4 vezes o peso corporal para corridas recreativas e de velocidade, respectivamente, sendo esta absorvida pela extremidade inferior (pé, perna, coxa, pelve e coluna). Na corrida existe um aumento na *força de reação do solo* (F_{RS}) tornando o aparelho locomotor mais exposto à sobrecarga mecânica num tempo mais curto, pois há entre 800 e 2000 contatos com o solo por milhas, podendo ficar exposto a lesões.

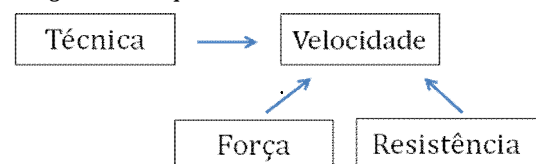
4- Porém, pode falhar para determinar a $v_{\text{caminhada-corrida}}$ (de transição). Entretanto, a transição pode ocorrer quando $v > (l/g)^{1/2}$, nesse caso, o pé não consegue permanecer em contato com o solo, resultando numa fase de voo, caracterizando a corrida.

2.A.1- Corrida de Velocidade

Tentar definir velocidade não é tarefa fácil, pois para este conceito, diferentes autores possuem variadas visões. Sendo assim, definimos a velocidade, em termos físicos - mecânicos, como a relação entre o espaço percorrido pelo tempo gasto para perfazer essa mesma distância. Nas modalidades cíclicas (corridas rasas de fundo ou longa distância, 5km a 10km), a velocidade a ser medida é a velocidade média do indivíduo, $v_m = \Delta s / \Delta t$. Se calcularmos a velocidade média em cada trecho da corrida em um dado instante e a variação de velocidade no tempo de todo o percurso obteremos a aceleração média, $a_m = \Delta v / \Delta t$.

Se o objetivo é incidir sobre a perspectiva desportiva, a velocidade pode ser vista como uma qualidade híbrida (entre o psíquico, o cognitivo, o coordenativo e condicional), pois não é uma capacidade pura da condição física, mas sim uma combinação e que se encontra condicionada por todas as qualidades condicionais, como a força, a resistência e a modalidade, sendo ainda em desportos de oposição influenciadas pela técnica e tomada de decisão (ver Figura 1). Em outras palavras, ela é um aspecto extremamente técnico e representa a capacidade de um sujeito realizar ações motoras no mínimo de tempo possível e com a máxima eficácia onde o aspecto psíquico, cognitivo, coordenativo e condicional possuem, uma enorme influência no resultado final da prestação.

Fig. 1: Fatores que intervêm na velocidade de corrida.



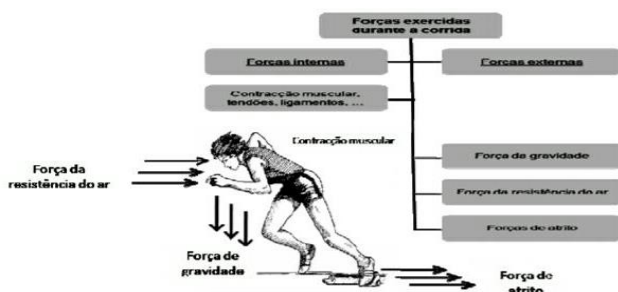
O movimento decorre também de sucessivos processos de transferência de energia entre segmentos, que se repetem ao longo do tempo, de uma maneira relativamente semelhante. Em todas as modalidades cíclicas (corrida, entre outras) em que predomina a velocidade, são sempre distinguidos, segundo uma perspectiva mais clássica e tradicional, a corrida de velocidade que é composta por 4 fases,

denominadas: **fase de reação (partida)**, **fase de aceleração**, **fase de velocidade máxima** e **fase de desaceleração (resistência a velocidade)**. O êxito das corridas de velocidade depende da eficiência dos atletas em aproveitar todos os fatores de rendimento da corrida desde o início até ao fim. Sendo assim, a fase de aceleração tem um papel fundamental para o resultado final, afirmando que é essencial que o atleta acelere até à máxima velocidade no menor tempo. Contudo, quanto maior for o tempo utilizado pelo atleta para atingir a velocidade máxima, maior será o potencial para atingir maiores velocidades máximas.

2.B- Técnicas de corrida

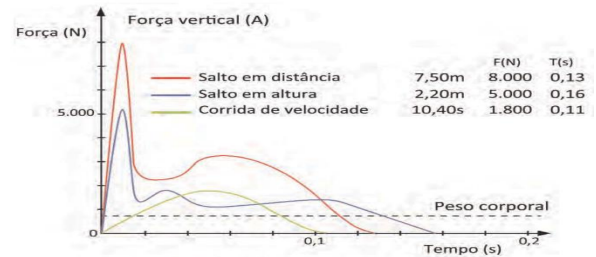
A corrida é caracterizada como o movimento de translação do *centro de gravidade* (CG), mediante a sucessão de pequenos saltos efetuados pelo contato e impulsão do pé no solo. O movimento de corrida é o resultado da combinação de forças internas e externas, como mostra a Figura 2, abaixo:

Fig. 2: Forças Exercidas durante a corrida.



A exigência adquirida pelas provas de velocidade resulta no melhor desenvolvimento de todas as capacidades motoras do atleta associado ao seu aperfeiçoamento técnico, tornando possível atingir marcas impressionantes como os recordes mundiais de Usain Bolt nas provas de 100 e 200 m. Isto é, os melhores rendimentos refere-se, ao processo de formação técnica de base que é decisivo, sendo capaz de fornecer ao atleta a capacidade de aproveitar ao máximo as forças aplicadas no solo durante a corrida. Pois, um velocista não sairá do bloco de partida a não ser que suas pernas exerçam forças sobre ele, aplicação das leis de Newton. Nesse caso, a posição do atleta durante o comando de óprontosô (posição de largada na corrida de atletismo de 100m) visa alcançar uma situação de equilíbrio instável, para que ele possa sair do bloco o mais rápido possível. Sendo assim, quanto maior for a força feita pelo atleta maior será a sua aceleração. Quando o atleta está correndo, ele exerce uma determinada força contra o solo. Isso cria uma força de igual intensidade, direção e sentido oposto conhecida como F_{RS} , o que provoca o deslocamento do atleta na direção da corrida, ver Figura 3. Entretanto, a F_{RS} pode ultrapassar os limites do corpo, caso o atleta não esteja bem preparado física (obeso) e tecnicamente.

Fig. 3: Gráfico da FRS para diferentes modalidades de salto.



Fonte: AMADIO, 1995 apud AMADIO, 2005.

Durante a corrida, quando há o contato inicial do pé com o solo, geralmente o pé se encontra em supinação e à medida que o pé vai se acomodando ao chão o indivíduo tende a realizar uma pronação. Ao final do movimento, retirada dos dedos, o pé volta a fazer uma supinação. O ângulo de pronação do retropé é diretamente proporcional à velocidade, ou seja, com o aumento da intensidade da caminhada e consequente início da corrida, a tendência é haver um aumento no ângulo de pronação dessa articulação. A produção desse movimento permite que o indivíduo absorva melhor as FRS, devido às mudanças de direção da força resultante, e isso faz com que a forças de impacto sobre os membros inferiores seja menor [19].

2.C- Passada x Passo

No caso das corridas, a passada é definida como sendo o evento iniciado no contato de um dos pés com o solo e finalizado com o apoio do mesmo pé no solo, enquanto que, o passo representa a metade da passada, que se inicia no contato de um dos pés com o solo e termina no contato do pé contrário com o solo.

Cada passo de corrida pode ser dividido em três fases distintas, para qualquer que seja a velocidade, como:

- 1- Fase de condução (driving phase) ñ o pé de condução está no solo e continua até o momento em que ele deixa o solo, a pressão que o calcanhar faz no solo é grande.
- 2- Fase de recuperação (recovery phase) ñ os pés não estão em contato com o solo, mas quando o pé de condução toca o solo, a pressão no calcanhar é pequena enquanto que a pressão na ponta do pé é grande.
- 3- Fase de travagem (Braking phase) ñ o pé oposto toca no solo ligeiramente à frente do centro de massa, causando um breve efeito de travagem.

Os parâmetros mais facilmente observados na Biomecânica da corrida e o sucesso na velocidade de corrida (v_c), como em todo o tipo de corrida depende de parâmetros antropométricos do atleta, como:

- 1- comprimento ou amplitude do passo ou passada (C_p) que é a distância percorrida por cada passo (ou passada), $C_p = \text{distância/número de passo ou passada}$.
- 2- frequência do passo ou passada (f_p) que é o número de passos (passada) dados num determinado período de tempo, $f_p = \text{número de passo ou passada/tempo}$.

Sendo assim, a v_c é dada por: $v_c = C_p \cdot f_p = \text{distância/tempo}$.

Geralmente na fase de aceleração, os velocistas tem grande C_p e baixa f_p (cadência mais lenta). Essa relação pode estar associada a necessidade de se aumentar os momentos de aplicação das forças no solo, uma vez que, durante as subseqüentes fases de vôo, o atleta tende a perder v_c , devido as ações restritivas da resistência do ar. Destaca-se que os aumentos da v_c , em baixas velocidades (sub-máximas) e em corridas de resistência, são causadas predominantemente pelo aumento de C_p , por outro lado, em altas velocidades, v_c aumenta com o aumento de f_p .

Já os que possuem uma menor C_p têm uma f_p mais rápida. Contudo não podemos esquecer que o parâmetro, f_p , é seriamente condicionado pela idade em que é desenvolvida. Em condições normais a f_p apenas poderá ser melhorada entre os 12 e os 23 anos de idade. Se C_p e f_p aumentar, leva a uma v_c superior. No entanto, em algumas situações estes fatores exercem um efeito entre eles, que em certas ocasiões, pois um aumento num destes leva à diminuição do outro, resultando num prejuízo da velocidade final.

O C_p ótimo, será de 2, 3 vezes o tamanho da perna do atleta (21). A melhoria da f_p poderá ser resultado de variados contributos, como a força e a potência, a mobilidade articular e a flexibilidade. Mas sem dúvida que entre variados fatores que influenciam a f_p , o mais crítico refere-se às melhorias no funcionamento e eficácia do sistema neurológico, pois é o sistema nervoso que controla os movimentos mais comuns e os mais sutis do corpo humano.

O $C_p = f(v_c)$, porque o C_p tem tendência a aumentar com o aumento de v_c . De qualquer maneira, o C_p de um corredor é determinado pelo comprimento do seu membro inferior e pela reação das forças desenvolvidas pelo solo ao correr durante cada passo.

Um dos fatores que pode influenciar no desempenho dos atletas de longa distância (10km) é a Economia da Corrida (ECO) que é definida como o consumo de Oxigênio (gás O_2) em uma determinada velocidade submáxima de corrida e pode ser responsável por 30% do desempenho.

Nos últimos anos, vários autores têm demonstrado que o comportamento da ECO é resultante da interação de vários fatores não são só fisiológicos (consumo de O_2 , maturação, fatores metabólicos e v_c) e biomecânico (flexibilidade, energia elástica, F_{RS} , fatores mecânicos e cinéticos), mas também relacionados ao treinamento (pilométrico, resistência, fase de treinamento, e velocidade, volume, intensidade), ambiente (altitude e calor) e variáveis antropométricas (morfologia, comprimento e tensão muscular, e massa e composição corporal).

Estudos foram realizados para tentar descrever a relação da ECO com o desempenho levando em consideração que a influência de fatores biomecânicos é irrelevante. Alguns resultados foram obtidos como, um aumento de 5% na ECO acarreta uma melhora no desempenho de 3,8%.

III. METODOLOGIA

3.A. TIPOS DE ESTUDO

Pesquisa quantitativa, descritiva e de campo.

3.B. CARACTERIZAÇÃO DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA

A presente pesquisa contou com a participação de 10 atletas, sendo 4 homens (2 amadores e 2 profissionais) e 6 mulheres, todas amadoras, da cidade de Belém, com idades entre 27 à 58 anos (média de idade de 42,5 anos e a diferença de idade é de $\pm 15,2$ anos), com massa média de $72,98 \text{ kg} \pm 16,0 \text{ kg}$ (balança) e estatura média de $1,65\text{m} \pm 0,17\text{m}$ (fita métrica) após feita a avaliação dentro da academia com o personal trainer.

C. INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS

3.C.1 Instrumentos

a) Primeiramente foi aplicado um questionário de 10 perguntas relacionado a corrida de rua aos atletas que responderam, antes e após as corridas de 10 km que foram realizadas nos dias 22/10/2017 (corrida do Círio) e 12/11/2017 (corrida circuito Banco do Brasil - BB), pelas ruas de Belém, com partida e chegada no Portal da Amazônia, abaixo na Figura 3 mostra o mesmo percurso para as duas corridas.

Fig. 3: Percurso para as duas corridas (Círio e BB).



Os 10 atletas usavam um relógio GPS para medir algumas grandezas (variáveis) biomecânicas nas duas corridas.

Os 10 atletas fazem parte da academia *gap fitnes*, mas praticam o esporte corrida de rua representando a mesma, durante o período da manhã, com a finalidade de:

- 1) Verificar o perfil do corredor (idade, sexo, frequência de treinamento, se possui algum profissional que acompanha o treinamento, se pratica outro esporte, se faz uso de suplementos alimentares e etc..).
- 2) Identificar o motivo que levou o atleta a participar de corrida de rua, se o atleta já sofreu ou sofre algum tipo de lesão causada pela prática da corrida.

b) Posteriormente, foram realizados registros fotográficos durante a corrida.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados aqui discutidos referem-se aos dados obtidos de variáveis biomecânicas, fisiológicas, treinamento, ambiente e antropométrico das corridas de rua do Círio e BB, bem como da análise em cima de questionário aplicados com os 10 atletas corredores que foram especificados, A1 até A10.

De acordo com o que foi, abordado no tópico fundamentação teórica, para uma amostra composta por 10 praticantes regulares de corrida de rua, que treinam durante a semana na academia *gap fitness*, em Belém, é possível determinar algumas grandezas Biomecânicas.

O tempo estimado dos atletas nas duas corridas, do Círio e BB, foram medidos com o relógio GPS que podem ser visto em ordem crescente na Tabela 1 abaixo para os 10 atletas participantes:

Tabela 1 - Tempo médio de cada atleta, em minutos e segundos, no percurso de 10000m (10km) das corridas do Círio e circuito BB.

Atleta/Perfil	Círio (min.)	BB (min.)	Média (min.)	Média (seg.)
A1, Personal, 48 anos, 81 kg	47	48,5	47,75	2865
A2, Pastor, 52 anos, 72,8 kg	58	54	56	3360
A3, Autônoma, 42 anos, 76 kg	59	57	58	3480
A4, Personal, 27 anos, 89 kg	58	62	60	3600
A5, Químico, 43 anos, 88 kg	57	69	63	3780
A6, Prof. de Física, 36 anos, 58 kg	65	62	63,5	3810
A7, Contadora, 48 anos, 75 kg	70	67	68,5	4110
A8, Autônoma, 41 anos, 69 kg	80	64	72	4320
A9, Administradora, 58 anos, 67 kg	77	71	74	4440
A10, Assistente Social, 34 anos, 54 kg	80	70	75	4500

Ainda na Tabela 1, analisamos os tempos dos atletas para cada corrida:

1- Na corrida do Círio:

Analisamos os resultados para os atletas A3, A4, A5 e A9 em negrito. Observamos que A3 (59min.) foi mais lento do que A4 (58min.) e A5 (57min.). Já A9 (77min.) foi mais rápido que A8 (80min.). O que não era para acontecer, pois $t_{A5} < t_{A4}$ e $t_{A9} < t_{A8}$.

2- Na corrida do circuito BB

Analisamos os resultados para os atletas A8 e A10 em negrito. Observamos que A8 (64min.) foi mais rápido que A7 (67min.) e A10 (70min.) foi mais rápido que A9 (71min.). O que não era para acontecer, pois $t_{A8} < t_{A7}$ e $t_{A10} < t_{A9}$.

Entretanto, o resultado de uma corrida compensa o resultado da outra, ou seja, se um atleta não foi bem em uma das duas corridas pode ser melhorada na outra. Assim, o cálculo do tempo médio aritmético, $t_{ma} = (t_{m1} + t_{m2})/2$, dos atletas nas duas corridas faz com que a ordem crescente nos tempos não se altere na Tabela 1.

O cálculo da velocidade média (v_m) da corrida para cada atleta foi determinada dividindo o percurso total (10km) pelo seu tempo total, enquanto que a v_m aritmética (v_{ma}) é obtida somando as v_m nas duas corridas (v_{m1} e v_{m2}) e dividindo por 2. Sendo assim, constatou-se, que a maior v_{ma} entre as duas corridas foi de 3,48 m/s para o atleta A1 e a menor foi de 2,23 m/s da atleta A10. Em relação a v_{ma} total por corrida, verificou-se que a corrida do circuito BB obteve a média maior de 2,70 m/s, como é visto em negrito na Tabela 2.

Tabela 2 - Medidas descritivas da pesquisa, mostrando a idade, massa, velocidade média e aritmética dos 10 praticantes de corridas de rua.

CORRIDA DE RUA (10 km)			
Atleta	Círio 22/10/2017 v_{m1} (m/s)	BB 12/11/2017 v_{m2} (m/s)	v_{ma} das duas corridas (m/s)
A1	3,54	3,43	3,485
A2	2,87	2,97	2,92
A3	2,87	2,88	2,875
A4	2,82	2,92	2,87
A5	2,92	2,41	2,66
A6	2,56	2,68	2,62
A7	2,38	2,48	2,43
A8	2,08	2,6	2,34
A9	2,16	2,34	2,25
A10	2,08	2,38	2,23
Velocidades Aritméticas (total)	2,62	2,70	

Ainda na Tabela 2, observamos que o atleta A1 que obteve maior v_{ma1} é professor de Educação Física e Personal Trainer, isto é, é um profissional do sexo masculino que pratica e trabalha com atividades físicas em academia, bem como possui uma idade de 48 anos e 81 kg de massa que para quem pratica atividade física e consegue ter uma boa alimentação durante o dia e descansa bem não terá muita dificuldade em atingir boas performances. Entretanto, a atleta A10 que obteve menor v_{ma10} é Assistente Social do sexo feminino, possui idade de 34 anos e massa 54kg que são boas para a prática da atividade física, porém se encontra recente praticando a corrida de rua. Sendo assim, o A1 para obter maior v_{ma} em corrida rasa de fundo (10km) deve ter conseguido, muito bem, controlar o consumo e troca de O_2 durante a corrida obtendo um bom ECO, já a A10 foi o inverso.

Na Tabela 3, apresentamos a variância (VAR) e o desvio padrão (DP) da v_{ma} para os 10 atletas e total. Essas grandezas estatísticas medem a dispersão indicando a regularidade de um conjunto de dados em função da média aritmética. Sendo

assim, a VAR é uma medida da dispersão do quão distante os valores estão da velocidade média aritmética total ($VAR = \sum_{N=1}^{10} (v_{maN} - v_{mat})^2 / 10$), enquanto que o DP é o resultado da raiz quadrada da VAR que indica o erro do valor com relação a média ($DP(N) = \sqrt{VAR(N)}$).

Tabela 3 Variância (VAR) e desvio padrão (DP) da velocidade média aritmética (v_{ma}) dos 10 atletas.

Atletas	VAR da v_{ma} /atleta	DP da v_{ma} /atleta
A1	0,00305	0,055
A2	0,005	0,071
A3	0,0025	0,05
A4	0,00005	0,007
A5	0,06505	0,255
A6	0,0036	0,06
A7	0,0025	0,05
A8	0,0676	0,26
A9	0,0081	0,09
A10	0,0225	0,15
Total da VAR e DP da v_{ma} dos 10 atletas		
Total	0,0016	0,04

De acordo com a Tabela 3, observamos que A4 possui menor VAR (0,00005) e menor DP (0,007) mostrando que a v_{ma4} desse atleta se mantém mais uniforme durante todo o percurso com relação aos outros 9 atletas, pois quanto menor for a VAR mais próximo da média está o valor, entretanto, A8 possui maior VAR (0,0676) mostrando maior variação na v_{ma8} e mais distante da média está o valor e a DP (0,26) mostra o quão ónfivel é esse valor, é o erro. Ou seja, poderíamos escrever para A4 ($2,87 \pm 0,007$ m/s ou $2,87 \pm 0,7\%$ m/s) ou para A8 ($2,34 \pm 0,26$ m/s ou $2,87 \pm 26\%$ m/s).

Na Tabela 4, é apresentada a v_{ma} e a frequência do passo (f_p) de cada atleta, dos 10 atletas. Vale ressaltar que os valores encontrados para a v_{ma} dos 10 atletas e a f_p nas duas corridas foi determinada na marcação dos relógios dos atletas. A Tabela mostra uma linearidade e uniformidade na comparação dos resultados da v_{ma} e f_p , pois quem tem maior v_{ma} terá maior f_p . As variáveis v_{ma} e f_p são variáveis biomecânica e fisiológica que estão relacionadas ao desempenho dos atletas em longas distâncias pelo ECO. A f_p uma variável fisiológica que também está relacionada a frequência cardíaca. Já ao comprimento da passada (C_p) é obtido da relação de v_{ma} com C_p por $C_p = v_{ma}/f_p$. No caso, de C_p não obedece a relação linear e uniforme que foi observada entre v_{ma} e f_p . O que mostra que mesmo quem tem baixa v_{ma} e f_p (A10) pode ter alta C_p (1,83m) e quem tem valores intermediários (A6) v_{ma} e f_p pode ter mais alta C_p (2,03m). Isso mostra que A6 por ter alto C_p e baixo f_p tentou acelerar na corrida mais vezes (fases de aceleração).

Tabela 4 - Resultados obtidos para a C_p a partir de v_{ma} e f_p .

Atleta	v_{ma} (m/s)	f_p (Hz)	C_p (m)
A1	3,48	1,92	1,81
A2	2,97	1,63	1,82
A3	2,87	1,58	1,81
A4	2,87	1,58	1,81
A5	2,66	1,31	2,03
A6	2,62	1,44	1,82
A7	2,43	1,34	1,81
A8	2,34	1,28	1,83
A9	2,25	1,24	1,81
A10	2,23	1,22	1,83

A seguir apresentamos os resultados dos questionários aplicados aos 10 atletas participantes:

A Tabela 5 apresenta os resultados do questionário da 1 a 4 questão. No *item 1*, o número de participantes que treinam durante algum tempo, 5 deles afirmaram que participam de corrida de rua entre 1 à 3 anos, o que representa 50% dos participantes, 4 deles (40%) participam de corrida entre 4 à 5 anos e acima de 5 anos apenas 1 (10%). No *item 2*, a afirmação foi unânime, 100% dos praticantes de corrida, praticam outro tipo de esporte, sendo musculação e box os mais praticados. No *item 3*, os 8 atletas (80%) não usa suplemento alimentar, enquanto, 2 atletas (20%) usa. No *item 4*, 80% dos atletas afirmaram que contam com a ajuda de um profissional da área, como professor de educação física ou personal, durante a corrida e 20% afirmaram que não contam com a ajuda de um profissional.

Tabela 5- Descrição: Tempo de corrida, se pratica outro esporte, se usa suplemento alimentar e se conta com ajuda de profissional (N=10).

	Variável	Categoria	Atleta (s)	%
1.	Há quanto tempo você participa de corrida de rua?	1-3 anos	5	50
		4-5anos	4	40
		6 anos	1	10
		Total	10	100
2.	Além da corrida, você pratica outro esporte?	Sim	10	100
		Não	0	0,0
		Total	10	100
3.	Você faz uso de algum tipo de suplemento alimentar?	Sim	2	20
		Não	8	80
		Total	10	100
4.	Você durante a corrida conta com a ajuda de um profissional da área	Sim	8	80
		Não	2	20
		Total	10	100

A Tabela 6 refere-se a questão 5 e apresenta que a maioria dos atletas, 40%, afirmam que os benefícios fisiológicos e

psicológicos é o principal motivo que os levou a prática da corrida de rua, 20% deve-se a orientação médica, outros 20% deve-se a estética, 10% deve-se a socialização, outros 10% deve-se a outros fatores, sendo que ninguém opinou que a prática da corrida se deve por motivo de competição.

Tabela 6- Descrição: Principal motivo para a prática da corrida de rua (N=10).

Variável	Atleta (s)	%
5. Principal motivo para a prática da corrida de rua:		
Benefícios fisiológicos e psicológicos	4	40
Orientação médica	2	20
Competitividade		
Estética	2	20
Socialização	1	10
Outros	1	10
Total	10	100

A Tabela 7 mostra no *item 6* que há unanimidade (100%) entre os atletas que não sofrem lesões durante a corrida de rua. No *item 7*, 50% afirmaram que tem o hábito de escolher o tênis certo ao participar de corrida de rua e os outros 50% não tem o hábito de escolher o tênis certo. Haja vista que o tênis influencia na pisada no chão e na postura. Com relação ao *item 8*, 10% afirmaram ter uma frequência baixa de treinamento, seguidos de 60% e 30% afirmarem ter uma frequência média e alta, respectivamente, de treinamento. E no *item 9*, cerca de 30% dos atletas afirmaram que o tipo de solo como o asfalto, mais 30% opinaram pelo bloquete e outros 30% a areia são os que mais influenciam no desempenho durante a corrida, enquanto 10% afirmaram que o gramado é o tipo de solo que mais influencia no desempenho durante a corrida de rua.

Tabela 7 ã Descrição: Frequência de lesões, hábito da escolha do tênis certo, frequência de treinamento e tipo de solo (N=10).

Variável	Categoria	Atleta (s)	%
6. Você sofre com frequência lesões durante a corrida?	Sim	10	100
	Não	0	0,0
	Total	10	100
7. Você tem o hábito de escolher o tênis certo ao participar da corrida de rua?	Sim	5	50
	Não	5	50
	Total	10	100
8. Qual sua frequência de treinamento na corrida de rua?	Baixa	1	10
	Média	6	60
	Alta	3	30
	Total	10	100
9. Qual tipo de solo influencia mais no seu desempenho durante a corrida.	Asfalto	3	30
	Bloquete	3	30
	Areia	3	30
	Piçarra	0	0
	Gramado	1	10
	Total	10	100

E finalmente a Tabela 8, mostra que numa escala de 1 (um) à 5 (cinco) a opinião dos atletas sobre as subidas e descidas durante a corrida. A maioria, 80% dos atletas afirmaram que as subidas e descidas durante a corrida geram maior gasto de energia (isto, é, influenciam na ECO), porém destes 8 atletas (80%), 3 também marcaram maior gasto de energia, mudança de ritmo e maior esforço muscular, 3 também marcaram maior esforço muscular e 2 marcaram outros. Os 20% restante marcaram mudança de ritmo e outros fatores que influenciam nas subidas e descidas durante a corrida de rua.

Tabela 8 ã Descrição: Opinião sobre as subidas e descidas durante a corrida (N=10).

Variável	Atleta (s)	%
10. Numa escala de 1 (um) à 5 (cinco) qual sua opinião sobre as subidas e descidas durante a corrida:		
Maior gasto de energia	8	80
Mudança de Ritmo	5	50
Maior esforço muscular	6	60
Outros	4	40

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sabemos desde sempre que o objetivo final de um atleta em competição é fazer o seu melhor para que obtenha êxito (proveito e desempenho) em qualquer prova de atividade esportiva (futebol, olimpíadas, etc.), não importa a modalidade, o atleta tem que saber usar as leis que regem a Física (Biofísica) a seu favor. Porém, atualmente, a tecnologia abre mais possibilidades (observar movimentos muito lento ou muito rápido, monitorar músculos durante um salto na corrida e a quantidade de O₂ no organismo, etc.) e também permiti investigar se o atleta usou ou não substâncias que aumenta o seu rendimento através do exame de doping.

O atleta relaciona-se o tempo todo com a Física (Biofísica) desde a superação, em mente, do tempo, da distância, da Inércia (resistência ao movimento) que irá afetar na sua aceleração (variação da velocidade).

Sendo assim, realizamos um trabalho de cunho quantitativo, descritivo e de campo realizado em duas corridas rasas de fundo, corridas de rua, Círio e circuito BB, que apresentaram o mesmo caminho e a mesma distância total (10km) para realizar o percurso.

Foi determinado algumas grandezas (variáveis) biofísicas e fisiológicas por meio do uso de instrumentos como a massa (balança), altura (trena), e distância, tempo, velocidade média (v_m), frequência (relógio GPS). As outras grandezas foram determinadas usando algumas fórmulas (equações) simples como, a velocidade média aritmética (v_{ma}) e comprimento da passada (C_p) e outras foram encontradas tendo o auxílio de cálculos estatísticos como a VAR e DP.

Os resultados para uma amostra de 10 atletas de várias áreas, idade e sexo foram colocados em tabelas na ordem decrescente de valores e mostraram concordância com os resultados da literatura, onde o A1 que é o mais veloz ($v_{ma1} =$

3,48m/s) possui maior f_p (1,92Hz), menor C_p (1,81m), mas apresenta VAR (0,003) um valor próximo do valor médio mais que não é tão uniforme como o de A6 e DP (0,055 ou 5,5% de erro na medida) dentro dos limites de uma medida, enquanto que, A10 que é o menos veloz ($v_{ma1} = 2,23\text{m/s}$) possui baixa f_p (1,22Hz) e alto C_p (1,83m), mas apresenta VAR (0,022) não tão próximo do valor médio por isso não é tão uniforme como o de A6 e DP (0,15 ou 15% de erro na medida) que é alto.

Também foi percebido feita a análise do questionário que concluiu a importância da Física (Biofísica) nas provas ou atividades de corrida.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a participação dos 10 atletas da Academia *gap fitness* de Belém-PA que participaram da pesquisa realizada através das corridas de rua, do Círio e do circuito Banco do Brasil (BB), realizadas nos meses de outubro e novembro de 2017, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- [1] A. J. Marin. *óCom o Olhar nos Professores: Desafios para o Enfrentamento das Realidades Escolaresó*. Cadernos CEDES 19(44), pp. 8-18, 1998.
- [2] L. A. Batista. *óA Biomecânica em Educação Física Escolaró Perspectivas em Educação Física Escolar 2(1)*, pp. 106-121, 2001.
- [3] M. M. Buck, J. M. Harrison, H. Fronske e G. W. Bayles. *óTeaching Biomechanics Concepts in Junior High School Physical Education Classesó*. Journal of Physical Educational, Recreation and Dance 61(6), pp. 91-95, 1990.
- [4] A. M. Toigo. *óEnsinando Biomecânica nas Séries Iniciais do Ensino Fundamental: Um Relato de Experiênciaó*. Experiências e Ensino de Ciências 1(3), pp. 58-66, dezembro 2006.
- [5] A. C. Amadio e J. C. Serrão. *óContextualização da Biomecânica para Investigações do Movimento: Fundamentos, Métodos e Aplicações para Análise da Técnica Esportivaó*. Revista Brasileira de Educação Física e Esportes 21(61), pp. 61-85, dezembro 2007.
- [6] F. Vale. *óBiomecânica do Movimento Humanoó*, Cadernos de Referência 9, Brasília: UNESCO, 36 p., 2013.
- [7] S. C. Córrea e E. S. Freire. *óBiomecânica e Educação Física Escolar: Possibilidades de Aproximaçãoó*. Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte 3(3), pp. 107-123, 2004.
- [8] J. Setlik e I. Higa. *óLeitura e Produção Escrita no Ensino de Física como Meio de Produção de Conhecimentosó*. Experiências em Ensino de Ciências 9(3), pp. 83-95, 2014.
- [9] A. M. Toigo e M. A. Moreira. *óRelatório de Experiência sobre o Uso de mapas Conceituais como Instrumento de Avaliação em Três Disciplinas do Curso de Educação Físicaó*. Experiências e Ensino de Ciências 3(2), pp. 7-20, agosto 2008.
- [10] R. S. Belmont, M. M. Pereira e E. dos S. Lemos. *óIntegrando física e Educação Física em uma Atividade Investigativa na Perspectiva da TASó*. Experiências em Ensino de Ciências 11(2), pp. 124-135, agosto 2016.
- [11] F. F. Freitas e P. H. L. Costa. *óO Conteúdo Biomecânico na Educação física Escolar: uma Análise a partir dos PCNsó*. Revista Paulista de Educação Física 14(1), pp. 78-84, 2000.
- [12] Brasil. *óPCNs: Educação Físicaó*. Secretaria de Educação Fundamental, Brasília: MEC/SEF, 97 p., 1997.
- [13] R. Santiago. *óInterdisciplinaridade e Contextualização da Física através do Esporteó*. Ensenanzas de las Ciencias. In Atlas do 8º Congresso Internacional sobre Investigación em Didáctica de las Ciencias, pp. 578-582, Barcelona, Espanha, 2009.
- [14] L. B. Gonçalves. *óCorrida de Rua: Qualidade de Vida e Desempenhoó*. TCC de Ed. Física, Unicamp, 62 p., 2007.
- [15] P. E. Allsen, J. M. Harrison e B. Vance. *óExercício e Qualidade de Vida: Uma Abordagem Personalizadaó*. 6ª Ed., São Paulo: Manole, 2001.
- [16] J. C. Serrão. *óLocomoção Humana: Em Busca da Identificação de Parâmetros Reguladores do Controle e Geração do Movimentoó*. IX Congresso Brasileiro de Biomecânica, Gramado-RS: Anais do IX Congresso Brasileiro de Biomecânica, pp. 15-19, 2001.
- [17] W. D. Monteiro e C. G. S. de Araújo. *óTransição Caminhada-Corrida: Considerações Fisiológicas e Perspectivas para Estudo Futuroó*. Revista Brasileira Medicina do Esporte 7(6), pp. 207-222, Nov/Dez. 2001.
- [18] M. A. F. Gomes e E. J. R. Parteli. *óA Física nos Esportesó*. Revista Brasileira de Ensino de Física 23(1), pp. 10-18, março 2001.
- [19] M. P. Tartaruga. *óRelação entre Economia de Corrida (ECO) e Variáveis Biomecânicas em corredores Fundistasó*. Dissertação de Mestrado do PPGEF, UFRGS, 119 p., fevereiro 2008.