



**Ingestão de banana e de chocolate 30-60 minutos antes de
exercício de elevada intensidade. Qual a influência na
performance desportiva?**

Dissertação apresentada com vista à obtenção do grau de Mestre (Decreto-Lei, n.º 216/92, de 13 de Outubro) em Ciências do Desporto, área de especialização de Treino de Alto Rendimento Desportivo, sob a orientação do Professor Doutor José Augusto Santos, FD-UP.

Bárbara Diana Cardoso Camarinha de Oliveira

Porto, 2006

Ficha de catalogação:

Camarinha Oliveira, Bárbara (2006). Ingestão de banana e de chocolate 30-60 minutos antes de exercício de elevada intensidade. Qual a influência na performance desportiva? Dissertação de Mestrado. Faculdade de Desporto. Universidade do Porto.

Palavras chave: PERFORMANCE DESPORTIVA; BANANA; CHOCOLATE; ÍNDICE GLICÉMICO.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar a minha gratidão a todas as pessoas cuja participação, directa ou indirecta, foi decisiva para a realização deste trabalho, especialmente:

- Ao Professor Doutor José Augusto Santos pela orientação exemplar que me prestou, pela sua disponibilidade e pela riqueza de conhecimento que me proporcionou.
- Ao Mestre Eduardo Oliveira pela sua participação e disponibilidade constantes.
- A todos os atletas que participaram no estudo: Pedro Ferreira, Emanuel Fontoura, Ruben Silva, Faber Martins, Sérgio Monteiro; Urbino Santos, João Ferreira; José Ferreira; João Leite, Vítor Carvalho, Mário Magalhães; Pedro Palma e Hélder Oliveira, pelo empenho e disponibilidade.
- Às enfermeiras Florinda, Natacha, Paula e Joana pela participação e disponibilidade.
- À Faculdade de Farmácia, em nome do Professor Doutor Franquelim pela colaboração.
- Ao Professor Doutor José Soares pelo seu apoio.
- Ao Tadeu e ao Afonso pela motivação e compreensão demonstradas nestes dois anos.
- Aos meus pais e irmã pelo apoio, compreensão e ânimo que me deram nestes dois anos.
- À Ana Sofia e Célia pela paciência e colaboração.

A todos eles MUITO OBRIGADA!

Ingestão de banana e de chocolate 30-60 minutos antes de exercício de elevada intensidade. Qual a influência na performance desportiva?

Índice Geral

	Pág.
Agradecimentos	i
Índice Geral	iii
Índice de Figuras	v
Índice de Quadros	vii
Resumo	ix
Abstract	xi
Resume	xiii
Lista de Abreviaturas e Símbolos	xv
1. Introdução	1
2. Revisão da Literatura	7
2.1. Substratos energéticos utilizados no exercício físico	9
2.1.1. Esforços de grande intensidade. Que substratos?	14
2.1.2. Esforços de longa duração. Que substratos?	17
2.2. Ingestão de hidratos de carbono 30 a 60 minutos antes do início do exercício. A sua influência na performance desportiva em exercícios de intensidade e duração elevadas.	22
3. Objectivos e Hipóteses	25
3.1. Objectivo geral	27
3.2. Objectivos específicos	27
3.3. Hipóteses	28
4. Material e Métodos	29
4.1. Descrição e caracterização da amostra	31
4.2. Metodologia e instrumentos utilizados	31
4.2.1. Colheitas sanguíneas	33
4.2.1.1. Determinação da concentração de glicose sanguínea	34
4.2.1.2. Determinação da concentração sanguínea de ácidos gordos livres	34
4.2.1.3. Determinação da concentração de lactato no fim do esforço físico	34
4.2.2. Prova física	34
4.3. Procedimentos Estatísticos	35

5. Apresentação e Discussão dos Resultados	37
5.1. Comparação prova com ingestão de Água (Ag) e prova com ingestão de Banana (Ba)	42
5.2. Comparação prova com ingestão de Água (Ag) e prova com ingestão de Chocolate (Ch)	46
5.3. Comparação prova com ingestão de Banana (Ba) e prova com ingestão de Chocolate (Ch)	50
6. Conclusões	53
7. Referências Bibliográficas	57

Índice de Figuras

	Pag.
Figura 1 – Esquema de cada prova (situação experimental)	33

Ingestão de banana e de chocolate 30-60 minutos antes de exercício de elevada intensidade. Qual a influência na performance desportiva?

Índice de Quadros

	Pag.
Quadro 1 – Conteúdo muscular de glicogénio vs. tempo de trabalho a 75% do consumo máximo de oxigénio (VO ₂ max.)	10
Quadro 2 – Equivalência entre intensidade de exercício e respectivo gasto de glicogénio	12
Quadro 3 – Caracterização da amostra	31
Quadro 4 – Composição química da banana e do chocolate <i>Mars</i> [®]	39
Quadro 5 – Apresentação geral dos resultados das três provas	40
Quadro 6 – Comparação entre a prova da Ag e a prova da Ba	42
Quadro 7 – Comparação entre a prova da Ag e a prova do Ch	47
Quadro 8 – Comparação entre a prova da Ba e a prova do Ch	50

Ingestão de banana e de chocolate 30-60 minutos antes de exercício de elevada intensidade. Qual a influência na performance desportiva?

Resumo

Com este estudo pretende-se avaliar qual a influência na performance desportiva, da ingestão de diferentes tipos de alimentos (banana e chocolate) após uma noite de jejum, nomeadamente, água, chocolate e banana, 30 minutos antes do início de exercício a 75% do consumo máximo de oxigénio.

A nossa amostra foi constituída por dez sujeitos desportistas que aderiram voluntariamente ao estudo, dos quais oito eram triatletas e dois ciclistas. Dois dos sujeitos não puderam concluir as provas pelo que as suas prestações não foram incluídas nos resultados do estudo. Todos foram informados dos objectivos, procedimentos e riscos decorrentes da sua participação. Os atletas participantes tinham média de idades de $31 \pm 7,19$ anos, $70,2 \pm 6,79$ kg de peso e $1,74 \pm 0,04$ m de altura.

Todos os atletas realizaram uma primeira prova para determinação do seu consumo máximo de oxigénio ($VO_2\text{max.}$) Seguiram-se mais três provas até à exaustão a 75% do $VO_2\text{max.}$, intervaladas de 7 dias. Em cada uma das provas os atletas, por ordem aleatória, ingeriram, cerca 30 minutos antes do início do esforço físico, 200ml de água (Ag), ou 100g de banana (Ba) ou 45g de chocolate *Mars*[®]. Realizaram-se colheitas sanguíneas em quatro momentos para determinação da taxa sanguínea de glicose e ácidos gordos livres. Ao longo das provas foram medidos outros indicadores fisiológicos: frequência cardíaca, quociente respiratório e lactato. O tratamento estatístico dos nossos dados foi realizado no programa SPSS[®] 13.0..

Dos resultados encontrados verificamos que o tempo de prova até à exaustão quando comparamos a prova da água com a da banana e com a do chocolate não apresenta diferenças estatisticamente significativas, mas no caso do chocolate é de considerar a diferença percentual (- 37% que na prova da água). Ao compararmos a prova da banana com a do chocolate encontramos diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$). A lactatémia no final da prova é superior no Ch ($6,89 \pm 3,9$ mmol/l), depois na Ba ($5,01 \pm 2,8$ mmol/l) e por fim na Ag ($3,79 \pm 0,7$ mmol/l).

Se analisarmos os níveis de glicemia no fim das três provas, verificamos, tal como outros autores, que não há diferenças com significado estatístico.

No final concluímos que a ingestão de banana 30-60 minutos antes do exercício não tem influência na performance desportiva de esforços de elevada intensidade, ao contrário do chocolate que demonstra ter efeitos maléficis.

Palavras Chave: Performance desportiva; Banana; Chocolate; Índice glicémico.

Ingestão de banana e de chocolate 30-60 minutos antes de exercício de elevada intensidade. Qual a influência na performance desportiva?

Abstract

With this study was intended to inquire, comparing with the simple ingestion of water, which the influence in the sporting performance of the ingestion of different types of foods (banana and chocolate), after a night of fast, and with you take 30 minutes before the beginning of exercise, executed 75% of the VO₂max. The sample was constituted by ten citizens sportsmen who had adhered voluntarily to the study, of which eight were triathletes and two cyclists. All had been informed of the aims, procedures and decurrently risks of its participation. The participant athletes had average of ages of 31±7,2 years, 70,2±6,8 kg of weight and 174,0±4,0 cm of height. The athletes had carried through a first test for determination of the VO₂max. Three tests had been followed more until the a exhaustion 75% of the VO₂max., with intervals of 7 days. In each one of the tests the athletes, for random order, had ingested, surround 30 minutes before the beginning of the physical effort, 200ml of water (GAC), or 100g of banana (Ba) or 45g of chocolate (Ch) Mars®. Sanguineous harvests at four moments for determination of the sanguineous tax of glucose and acid free fat people had been become fulfilled. To the long one of the tests other physiological pointers had been measured: cardiac frequency, respiratory quotient, lactate. It was made the descriptive analysis (average and shunting line-standard) for each one of the moments. The differences between the moments had been determined by the Measured ANOVA Repeated. The level of significance was kept in 5%. We use informatics program SPSS® 13.0. Although few results present differences with meaning statistical some have it in functional terms. Thus, in relation to the time of test until the exhaustion, a 37% reduction was verified after the ingestion of the chocolate when compared with water. The test time after chocolate is significantly inferior to the one of the banana (p<0.05). The evolution of the lactatemia one after-l strengthen seems to have some relation with the glicemic index of the food: Ch (6,89±3,9mmol/l), Ba (5,01±2,8mmol/l) and GAC (3,79±0,7mmol/l). The glicemia tax does not allow to differentiate the three experimental situations. One concludes that the ingestion of any food in the 30 minutes that precede the effort does not improve the comparative performance when with the water ingestion. In contrast of the banana that does not seem to present nor positive nor negative effect, the chocolate ingestion seems to have deleterious effect for the performance.

Key-words: sports performance; banana; chocolate; glicemic index.

Ingestão de banana e de chocolate 30-60 minutos antes de exercício de elevada intensidade. Qual a influência na performance desportiva?

Resumé

Avec cette étude a été prévu pour s'enquérir, rivalisant avec l'ingestion simple de l'eau, que l'influence dans l'exécution de mise en communication de l'ingestion de différents types des nourritures (banane et chocolat), après une nuit de jejum, et avec vous prennent à 30 minutes avant le commencement de l'exercice, exécutée 75% du VO₂max. L'échantillon a été constitué par dix citoyens sportsmen qui avait adhéré le volontariamente à l'étude, de laquelle huit étaient des triathlètes et deux ciclists. Tous avaient été informés des objectifs, des procédures et des risques decurrent de sa participation. Les athlètes de participant ont eu la moyenne d'âges des années 31±7,2, du 70,2±6,8 kilogramme du poids et du 174,0±4,0 centimètre de la taille. Les athlètes avaient réalisé un premier essai pour la détermination du VO₂max. Trois essais avaient été suivis plus jusqu'à un épuisement 75% du VO₂max., intervaladas de 7 jours. Dans chacun des essais les athlètes, pour l'ordre aléatoire de, avaient ingéré, entourent 30 minutes avant le commencement de l'effort physique, de 200ml de l'eau (GAC), ou de 100g banane (Ba) ou 45g du chocolat (ch) Mars®. Les moissons de Sanguineous à quatre moments pour la détermination de l'impôt sanguineous le glucose et l'acide de grosses personnes que libres avaient été devenues fulfilled. Au long un des essais d'autres indicateurs physiologiques avaient été mesurés: fréquence cardiaque, quotient respiratoire, lactate. C'a été fait à l'analyse descriptive (moyenne et manoeuvre ligne-standard) pour chacun des moments. Les différences entre les moments avaient été déterminées par ANOVA mesuré répété. Le niveau d'importance a été maintenu dans 5%. Nous employons le programme informatic SPSS® 13.0. Ainsi, par rapport à la période de l'essai jusqu'à un épuisement, une réduction de 37% a été vérifiée après l'ingestion du chocolat en comparaison avec l'eau. Le temps d'essai après chocolat est sensiblement inférieur à celui de la banane (p<0.05). L'évolution du lactatemia un après-Je renforcent semble avoir une certaine relation avec l'index de glicémico de la nourriture: Ch (6,89±3,9mmol/l), Ba (5,01±2,8mmol/l) et GAC (3,79±0,7mmol/l). L'impôt de glicemia ne laisse pas différencier les trois situations expérimentales. On conclut que l'ingestion d'aucune nourriture dans les 30 minutes qui précèdent l'effort n'améliore pas l'exécution comparative quand avec l'ingestion de l'eau. En revanche de la banane qui ne semble pas présenter ni effet positif ni négatif, l'ingestion de chocolat semble avoir l'effet délétère pour l'exécution.

Clef De Mots: sportif performance; banane; chocolat; index de glicémic

Ingestão de banana e de chocolate 30-60 minutos antes de exercício de elevada intensidade. Qual a influência na performance desportiva?

Lista de Abreviaturas e Símbolos

Ag – Água

AGL – Ácidos Gordos Livres

AGL₂₀ – Ácidos Gordos Livres 20 minutos após o fim do esforço físico

AGLf – Ácidos Gordos Livres no fim do esforço físico

AGLj – Ácidos Gordos Livres em jejum

ATP – Adenosina trifosfato

Ba – Banana

Ch – Chocolate

CHO – Hidratos de Carbono

CP – Creatina fosfato

FC – Frequência Cardíaca

G - Glucose

G₂₀ – Glucose 20 minutos após o fim do esforço físico

Gf – Glucose no fim do esforço físico

Gj – Glucose em jejum

IG – Índice Glicémico

IMC – Índice de Massa Corporal

Min – Minuto(s)

PKF – Fosfofrutoquinase

QR – Quociente Respiratório

VO₂max. – Consumo Máximo de Oxigénio

Wmax. – Capacidade Máxima de Trabalho

Ingestão de banana e de chocolate 30-60 minutos antes de exercício de elevada intensidade. Qual a influência na performance desportiva?

1. Introdução

Ingestão de banana e de chocolate 30-60 minutos antes de exercício de elevada intensidade. Qual a influência na performance desportiva?

Para a realização de exercício físico é necessária energia. Ela pode numa primeira fase ser fornecida pelas reservas intramusculares e logo de seguida pelas reservas extramusculares – hepatócito e adipócito. Se o exercício se prolongar no tempo ou for de elevada intensidade a energia provida poderá não ser suficiente e surge a fadiga¹³.

A energia utilizada pelo músculo provem da adenosina trifosfato (ATP). Embora o músculo tenha alguma quantidade deste nucleótido, esta apenas serviria para a realização de duas ou três contracções²². Surge, então, a necessidade de recorrer a outros substratos: creatina fosfato (CP), glucose, ácidos gordos e aminoácidos. A creatina fosfato e a adenosina trifosfato mercê da sua exiguidade esgotam-se ao fim de cerca de 10 segundos de esforço. Estes substratos são importantíssimos em esforços explosivos que exijam grande tensão muscular. Porém, em esforços mais prolongados e intensos ganha importância o glicogénio muscular.

Manipulação da dieta ou da matriz de exercício pode causar grandes variações no glicogénio muscular e hepático. O conteúdo inicial do glicogénio muscular é crucial quando se pretende prolongar um esforço intenso e relaciona-se com o tempo de exercício até à exaustão^{92,113}.

A desaminação de aminoácidos é um mecanismo alternativo à situação de falência glicogénica, mas é muito limitativa quer em intensidade quer em duração⁷⁵.

O músculo também tem capacidade de obter energia pela oxidação de gordura. Sejam eles triglicérideos intramusculares ou extramusculares (tecido adiposo).

A proporção em que cada substrato contribui para a produção de energia está dependente de vários factores: intensidade e duração de exercício, estado nutricional e características fisiológicas e bioquímicas do atleta.

Para esforços de grande intensidade (75% do consumo máximo ou mais) o metabolismo glucídico é predominante. Para esforços de longa duração (90 minutos ou mais) assume maior importância o metabolismo lipídico, sendo

solicitado o metabolismo anaeróbio nos momentos explosivos tácticos, em rampas e nos sprints finais^{46,73}.

Os atletas recorrem a um leque variado de comportamentos (nutricionais/alimentares) considerados ergogénicos com o objectivo de melhorar a sua performance desportiva. As ajudas nutricionais podem estar categorizadas em: potenciais fontes de energia, facilitadores anabólicos, componentes celulares e promotores da recuperação física³.

Os benefícios do efeito da ingestão de hidratos de carbono durante o exercício são bem claros⁸⁷. No entanto, a eficácia, vantagens ou desvantagens dessa mesma ingestão 30 a 60 minutos antes do início do exercício é um tema que ainda levanta muita discussão²⁵.

Foi esta inconsistência da literatura que nos despertou a vontade de perceber melhor de que forma o desempenho físico em esforços de moderada/elevada intensidade e longa duração é afectado pela ingestão pré-ingestão de dois alimentos sobejamente conhecidos e apreciados na cultura desportiva: a banana e o chocolate.

Assim, iniciaremos o nosso trabalho com uma revisão da literatura, abordando os principais conceitos directamente associados ao tema. Pretende-se com este capítulo descrever o estado de conhecimento sobre quais os substratos energéticos utilizados no esforço físico para posteriormente aprofundarmos esta temática em esforços de moderada/elevada intensidade e esforços de longa duração. Ainda neste capítulo é abordada a importância e a influência da nutrição na performance desportiva, nomeadamente a ingestão de hidratos de carbono 30-60 minutos antes do exercício.

De seguida apresentamos os nossos objectivos com a realização deste estudo, bem como as hipóteses formuladas, decorrentes da literatura e das nossas percepções.

No capítulo da metodologia para além da caracterização da amostra está descrito todo o procedimento metodológico, instrumentos utilizados, protocolo experimental, terminando com a exposição do procedimento estatístico.

Os resultados encontrados e a sua discussão são apresentados de forma integrada num só capítulo para uma leitura mais fácil. Aqui, iremos interpretar e comparar os nossos dados com outros estudos referenciados na literatura. Deste confronto surgiram as conclusões, com as quais terminamos o estudo.

Ingestão de banana e de chocolate 30-60 minutos antes de exercício de elevada intensidade. Qual a influência na performance desportiva?

2. Revisão da Literatura

Ingestão de banana e de chocolate 30-60 minutos antes de exercício de elevada intensidade. Qual a influência na performance desportiva?

2.1. Substratos energéticos utilizados no exercício físico

O exercício físico solicita o aumento de produção de energia, numa primeira fase a partir das reservas intramusculares e posteriormente a partir das reservas extramusculares – hepatócito e adipócito.

Quando a intensidade do exercício é elevada ou a duração prolongada, pode haver dificuldade em fornecer energia na proporção exigida, e surge a fadiga¹³. No caso de actividades simples como nadar ou correr, a quantidade proporcional de energia necessária é função da velocidade, e o tempo que se mantém uma dada velocidade sem surgir fadiga é inversamente proporcional à velocidade⁷⁶. Neste tipo de actividades as necessidades energéticas variam de acordo com alterações na passada e outros factores como a intensidade do vento ou a topografia do percurso. Contudo, na maior parte das modalidades desportivas a intensidade do exercício e consequentemente a necessidade de energia não são constantes. Por exemplo, o ténis ou o futebol são jogos que envolvem breves períodos de esforço de elevada intensidade intercalados por vários períodos de descanso ou baixa intensidade de exercício. Os músculos respondem e adaptam-se ao tipo de solicitação pretendida.

A energia directa que o músculo utiliza provém de um nucleótido denominado Adenosina Trifosfato (ATP), funcionando os outros substratos como fontes de recarga do ATP. A pequena quantidade de energia sob a forma de ATP obriga a recorrer a outros substratos para a sua ressíntese – Creatina Fosfato (CP), glucose, ácidos gordos e aminoácidos. A quantidade de energia muscular sob a forma de ATP apenas permite duas ou três contracções musculares²².

Conjuntamente, as reservas de ATP e Creatina Fosfato, devido à sua exiguidade, somente permitem apoiar o músculo em esforços máximos até 10 segundos. Assim quase podemos considerar estes substratos como “motor de arranque” para os tipos de esforço mais prolongados. Ressalvamos, no entanto, que estes substratos são fundamentais para os esforços explosivos que exijam grande tensão muscular, como seja os lançamentos no Atletismo e as corridas de velocidade²².

Para os esforços mais prolongados e intensos ganha importância o glicogénio muscular, que é um polímero de α -glucose, e que está armazenado em quantidade suficiente para permitir o suporte energético a esforços de uma dada intensidade que se prolonguem até 60 a 90 minutos ¹³.

Na utilização energética do glicogénio muscular temos de diferenciar a via anaeróbia da via aeróbia. Assim, quando metabolizada anaerobiamente uma molécula de glucose proveniente do glicogénio muscular permite a formação de 3 ATP, enquanto a metabolização aeróbia permite a formação de 39 ATP. O glicogénio muscular é, no nosso entender, o substrato energético mais nobre, pois pode ser metabolizado de forma aeróbia e anaeróbia. Esta última forma permite suportar esforços de grande intensidade até 2 a 3 minutos enquanto de forma aeróbia pode suportar um esforço de alguma intensidade entre 60 a 90 minutos, tudo dependendo da taxa de concentração intramuscular de glicogénio e do aporte ou não glucose exógena ⁵⁰.

Manipulação da dieta ou da matriz de exercício pode causar grandes variações no glicogénio muscular e hepático. O conteúdo inicial do glicogénio muscular é crucial quando se pretende prolongar um esforço intenso e relaciona-se com o tempo de exercício até à exaustão ^{22,92}.

Quadro 1 – Conteúdo muscular de glicogénio vs tempo de trabalho a 75% do consumo máximo de oxigénio (VO_{2max}).

<i>Conteúdo muscular de glicogénio (mmol/kg w.w.)</i>	<i>Tempo de trabalho a 75% do VO_{2max} (min)</i>
35	60
100	115
200	170

* Rodrigues dos Santos, J. A. (1992) *Bioenergética do exercício físico. Apontamentos de apoio à cadeira de Metodologia do Atletismo. FCDEF. Porto*⁷⁵.

Embora o fígado, como significativo reservatório energético entre refeições, possa ter um papel importante na cedência de glucose ao músculo em exercício, a sua função primária é providenciar energia às células glucoso-dependentes como são o eritrócito, o neurónio e o nefrónio. No entanto, em

condições de esforço prolongado a glucose proveniente do fígado pode ter um papel energético significativo a nível muscular, permitindo a libertação de 2 unidades ATP em vez dos 3 ATP libertados pelo glicogénio muscular²².

A insulina é um dos maiores estímulos fisiológicos para o aumento do transporte da glucose para o músculo³². Esta, juntamente com as contracções musculares realizam o seu efeito estimulador no sistema transportador da glucose (*Ploug et al. 1987, Constable et al. 1988, Richter 1996*)^{15,32,70,73}.

A gluconeogénese é um processo que permite, em situações de actividade prolongada, em que as reservas de glicogénio hepático estão depleccionadas, a utilização de substratos como o lactato, a alanina e o glicerol para a produção de glucose. No entanto, este é um processo bastante dispendioso em termos energéticos, sendo necessários 12 ATP para cada unidade glicosil¹⁵. Daqui se infere que nunca a gluconeogénese pode ser um mecanismo de apoio energético muito importante ao músculo em exercício.

São seis os aminoácidos metabolizados no músculo em repouso. São eles a leucina, isoleucina, valina, aspargina, aspartato e glutamato. Somente a leucina e parte da molécula de isoleucina podem ser oxidados dentro do músculo já que são convertidos em Acetil CoA. A desaminação de aminoácidos e a síntese de glutamina representam mecanismos anapleróticos alternativos em músculos depleccionados de glicogénio, mas somente permite esforço a 40-50% da capacidade máxima de trabalho (W_{max})⁷⁵.

O músculo também tem a capacidade de obter energia pela oxidação de gordura na forma de ácidos gordos livres derivados dos triglicerídeos: cada molécula de triglicerídeo pode ser quebrada e fornecer três moléculas de ácidos gordos e uma de glicerol. O organismo pode armazenar largas quantidades de triglicerídeos no tecido adiposo e, em muito menor quantidade, no interior das células musculares. Os ácidos gordos libertados pelo tecido adiposo são transportados no plasma ligados à albumina^{22,51}. A grande vantagem de utilizar a gordura como substrato comparativamente aos hidratos de carbono (CHO) é o facto de esta ser armazenada de uma forma extremamente eficiente, ao contrário dos hidratos de carbono que por cada grama de glicogénio armazenam consigo 3 gramas de água, implicando uma

diminuição na capacidade de os compactar como energia de reserva. Ou seja, a supercompensação glicogénica pode ter efeitos negativos no aumento do peso corporal, embora, para esforços prolongados que podem vir a ser condicionados pela desidratação, o armazenamento de água sob a forma de glicogénio pode constituir uma primeira linha de defesa contra o défice hídrico intra-muscular⁵¹.

Todos os substratos até agora mencionados são utilizados pelo músculo, durante o exercício, para a produção de energia, mas a proporção em que cada um contribui para o total das necessidades energéticas irá depender de variados factores onde se inclui a intensidade e duração do exercício, o estado nutricional e as características fisiológicas e bioquímicas do atleta. Quanto à intensidade e duração, sabe-se que exercícios curtos e de grande intensidade privilegiam o glicogénio como fonte energética enquanto que os ácidos gordos assumem esse papel em exercícios de longa duração e baixa intensidade⁸⁹. Todavia, mesmo neste último tipo de esforço, os hidratos de carbono são importantes para providenciar piruvato (citrato do ciclo de Krebs) para a oxidação mais eficiente dos ácidos gordos⁷⁹. Os ácidos gordos perdem a sua predominância a partir de intensidade de 60-65% do VO₂max^{74,59}.

Quadro 2 - Equivalência entre intensidade de exercício e respectivo gasto de glicogénio.

<i>Intensidade de Exercício (%VO₂max)</i>	<i>Gasto de Glicogénio (mmol/kg/min)</i>
50	0.7
75	1.4
100	3.4

* *Rodrigues dos Santos, J.A. (1995). A Dietética do Desportista. Edição da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade do Porto.*⁷⁶

Tem sido demonstrado que o treino de endurance faz desviar da glicólise para a lipólise o processo de apoio energético num exercício à mesma intensidade^{30,47,75,88,90}.

Está bem documentado que o treino de endurance aumenta a capacidade da insulina para estimular a reposição de glucose e pensa-se que o aumento do conteúdo muscular de GLUT4 induzido pelo treino é parcialmente responsável por este facto⁹⁰.

A capacidade para desenvolver um determinado exercício bem como a resposta metabólica a esse mesmo exercício é fortemente influenciada por factores fisiológicos e bioquímicos e varia muito entre diferentes indivíduos, sendo mais notória quando se trata de atletas de elite altamente treinados²².

A chave para o sucesso numa corrida de velocidade é a capacidade de gerar uma grande potência energética e os atletas de elite desta modalidade caracterizam-se por apresentarem uma grande quantidade de massa muscular e uma capacidade de produção anaeróbia de energia muito desenvolvida. Os músculos de atletas de endurance não são tão desenvolvidos, mas têm uma grande apetência para o metabolismo aeróbio. Estes atletas têm também, um sistema cardiovascular muito eficaz no transporte de oxigénio para as células.

A resposta fisiológica e bioquímica a uma dada tarefa física é fortemente determinada pela percentagem do VO_{2max} do indivíduo a que essa tarefa corresponde. Correr a uma velocidade que requeira 100% do VO_{2max} , para um indivíduo sedentário, pode significar menos de 50% do VO_{2max} para atletas de fundo. Nas actividades em que a técnica é muito importante, por exemplo na natação, a diferença entre competidores de elite e novatos é ainda mais marcada.

A resposta metabólica ao exercício é ainda influenciada pelas características bioquímicas dos músculos usados. Embora o músculo seja considerado um tecido homogéneo, as fibras musculares esqueléticas podem apresentar características bioquímicas e de contractilidade muito diferentes. As fibras musculares Tipo I são muitas vezes referidas como fibras de contracção lenta ou fibras oxidativas, enquanto que as fibras musculares Tipo II são consideradas fibras de contracção rápida ou fibras glicolíticas. O padrão de recrutamento de fibras musculares é determinado pelo esforço exigido sendo activadas apenas as unidades motoras necessárias para realizar o exercício. Em exercício de baixa intensidade, isto pode ser conseguido com a activação

de algumas fibras do Tipo I, sem o envolvimento de fibras do Tipo II, mas se for necessária maior potência, as fibras Tipo II são chamadas para ajudar⁷⁹.

Deste modo, a utilização de substratos durante o exercício pode, em grande parte, ser explicada pelas características bioquímicas das fibras musculares e pelo seu padrão de recrutamento. O treino de endurance tem um efeito de aumento da capacidade do metabolismo oxidativo em todos os tipos de fibras musculares.

2.1.1. Esforços de grande intensidade. Que substratos?

Na transição do estado de repouso para o exercício de máxima intensidade, a transformação de energia nos músculos em actividade pode aumentar mais de 1000 vezes. O fornecimento de oxigénio para o trabalho muscular alcança o pico máximo apenas ao fim de 1 a 2 minutos de exercício. O grau máximo a que o metabolismo aeróbio consegue fornecer energia para o exercício está um tanto abaixo do grau das necessidades energéticas em exercícios de grande intensidade. Contudo, a duração da actividade à máxima intensidade está seriamente limitada, à medida que a fadiga surge rapidamente⁷⁵.

Estudos em músculo animal, em que a ressíntese de ATP está impedida, mostram que a quantidade de trabalho realizado é muito pequena – são possíveis apenas cerca de três contracções musculares normais, nestas condições. Quando apenas estão envolvidas algumas contracções musculares e a duração do exercício não excede 1 a 2 segundos, praticamente toda a energia exigida será fornecida pelo mecanismo que envolve a desfosforilação da CP. No período pós-exercício, o conteúdo muscular de CP e ATP volta ao normal em poucos minutos, sendo o metabolismo oxidativo a fornecer energia para esta ressíntese⁴⁵.

Quando a duração do exercício aumenta para 5 a 10 segundos, ocorre uma quebra muito acentuada nos níveis de CP e ATP muscular e verifica-se a produção de lactato. Num estudo, em que os indivíduos foram sujeitos a uma

corrida de velocidade de 40m (cerca de 5 segundos) verificou-se um aumento considerável da concentração de lactato nos quadríceps⁴¹. Neste estudo não se constatou alteração do ATP muscular, mesmo quando a distância da corrida à máxima velocidade é aumentada para 100m. A CP muscular cai significativamente após 40m de corrida, mas mantém-se para além desta distância, o que significa que deste ponto para a frente a CP muscular não contribui para o aprovisionamento de energia⁴¹. Um outro estudo concluiu que o ATP muscular tem pouca importância nos segundos iniciais de um esforço de 30 segundos à máxima intensidade (ciclismo), mas ao completar o meio minuto o seu conteúdo está reduzido a metade. Estes achados sugerem que as maiores solicitações das reservas de glicogénio muscular ocorrem em sessões de treino que consistam essencialmente em sprints curtos⁴¹.

Normalmente a proporção de energia fornecida pela glicogenólise não é limitada pela disponibilidade de glicogénio dentro do músculo. Mesmo no exercício máximo, grandes quantidades de glicogénio mantêm-se dentro do músculo até ao ponto de fadiga⁵¹. No entanto, se forem realizados vários sprints repetidos, o conteúdo de glicogénio muscular será reduzido. Se tal acontecer, a capacidade para realizar sprints, estará seriamente comprometida. Por conseguinte, é importante assegurar se as reservas de glicogénio muscular estão adequadas, antes de iniciar o exercício⁶⁸.

A importância de ter elevado nível de glicogénio no músculo, no início do exercício, é o facto de assim ser permitido ao indivíduo manter uma superior intensidade de esforço desde o início até ao fim do exercício⁶⁶. A importância bioenergética dos CHO radica no suporte aos esforços de grande intensidade; o aumento da intensidade de exercício vai solicitar de forma percentualmente mais importante as fibras Tipo II que estão mais dependentes do metabolismo dos CHO⁵⁹.

No caso de ocorrerem treinos de grande intensidade ou situações de competição em dias sucessivos, é importante que se verifique a reposição das reservas de glicogénio muscular através de uma dieta rica em hidratos de carbono. Neste plano particular o factor tempo tem importância, já que, quanto

mais cedo, após esforço, começar o processo de reposição do glicogénio mais eficaz e completo este será⁵⁹.

A necessidade de ingestão de elevadas quantidades de hidratos de carbono é bem reconhecida entre os atletas de endurance, mas os atletas de velocidade, bem como sujeitos implicados em modalidades colectivas ainda não assumem que as reservas de glicogénio muscular são muito afectadas tanto nos treinos como na competição e que necessitam de ser repostas.

Sabe-se que a máxima velocidade capaz de ser alcançada por corredores de elite começa a diminuir ainda antes de cumprirem os 100m de corrida, e nos testes de intensidade máxima, no cicloergómetro, o pico de trabalho máximo gerado é observado 1 a 3 segundos após o início do exercício⁷⁵.

Na fase inicial de aceleração, a maior parte da energia fornecida provém da cisão da CP, e só alguns segundos depois é que o conteúdo de CP muscular diminui até ao ponto de já não ser capaz de se efectuar a ressíntese de ATP por esta via. Quase imediatamente a seguir, durante o exercício, a glicólise aumenta, mas o máximo de energia produzida por esta via é sempre inferior à conseguida pela desfosforilação da CP. Daí as implicações directas a nível da intensidade de esforço produzida⁷⁵.

Na maioria dos jogos desportivos colectivos, como o futebol, a matriz de actividade consiste em sprints com duração de alguns segundos seguidos de recuperação. Durante estes períodos explosivos de grande intensidade, a maioria da energia fornecida provém da CP, com a glicólise a dar o seu maior contributo quando as distâncias aumentam ou quando após um sprint não foi conseguida a recuperação total⁴. Tem sido referido que a ressíntese da CP depois do exercício completa-se em alguns minutos, mas mais recentemente demonstrou-se que a CP muscular não volta para os níveis de pré-exercício mesmo 60 minutos após exercício de grande intensidade em que a exaustão desta via foi atingida logo após 3 minutos do início²². Se for realizado um novo sprint antes de os níveis de CP serem restabelecidos, a velocidade e a duração deste, serão inferiores. A reposição dos níveis de CP após um sprint não é

afectada no caso de se continuar com uma actividade de baixa intensidade, mesmo verificando-se um aumento das necessidades energéticas no músculo.

Conforme o exercício se vai prolongando, a contribuição da glicólise para a energia fornecida vai aumentando, levando à acumulação, no músculo e no sangue, de um produto da reacção – o lactato. Exercícios que duram entre 10 segundos a 2-3 minutos, recorrem à glicólise anaeróbia como principal fonte de energia. Em exercícios mais prolongados o metabolismo oxidativo começa gradualmente a ganhar importância. Quando o exercício ultrapassa os 2-3 minutos, os processos aeróbicos suprimem mais de metade das necessidades energéticas⁷⁵.

O intermediário metabólico chave da glicólise é o ácido láctico que rapidamente é cindido no anião lactato e no protão – o hidrogênio. Este é responsável pela alteração do pH intramuscular com afectação directa na contractilidade da fibra muscular. Reflexamente a continuação do esforço a grande intensidade, por via dos metabolitos que são formados, vai induzir a inibição da glicólise através do bloqueio da enzima-chave a fosfofrutoquinase (PFK). O resultado final será uma sensação de fadiga e de incapacidade de continuar o exercício⁷⁹.

Um dos efeitos mais notáveis do treino de endurance é aumentar o nível a que o trabalho consegue ser realizado antes de ocorrer uma acumulação significativa de lactato e protões quer intramuscular quer no sangue.

2.1.2. Esforços de longa duração. Que substratos?

Durante o exercício prolongado a uma intensidade constante os músculos contam, quase total e unicamente com o metabolismo oxidativo para a produção de energia, com excepção dos primeiros minutos da actividade em que o metabolismo anaeróbio dá o seu contributo até ser alcançado um estado de equilíbrio do consumo de oxigénio⁷⁵. No entanto, em situações de competição, seja em modalidades cíclicas sejam em esforços intermitentes, a intensidade do exercício raramente é constante, podendo o metabolismo

anaeróbio ser solicitado, em provas longas, nos momentos explosivos táticos, em rampas e nos sprints finais^{46,62}. Por exemplo, no futebol, o esforço básico releva do metabolismo aeróbio, mas, a qualidade de jogo é evidenciada com as súbitas explosões de energia que fazem apelo ao metabolismo anaeróbio⁴. É o metabolismo oxidativo que irá providenciar a energia necessária para a ressíntese de ATP e CP e para a remoção do lactato, durante o período de recuperação^{45,46}.

Para além do metabolismo do oxigénio (VO_{2max} , economia de esforço, limiar anaeróbio e endurance), são vários os factores que influenciam a performance desportiva em exercícios de longa duração, como por exemplo, o fornecimento de substrato para a contracção muscular, as condições climáticas e o grau de desidratação⁵¹.

Os principais substratos que contribuem para o metabolismo oxidativo durante exercício prolongado são as gorduras e os hidratos de carbono. As primeiras são exclusivamente metabolizadas de forma aeróbia enquanto os segundos podem-no ser de forma aeróbia e anaeróbia. Por isso, os hidratos de carbono são os substratos energéticos mais nobres embora armazenados no organismo em quantidades inferiores às gorduras. As proteínas, numa situação normal contribuem de forma negligenciável para o metabolismo oxidativo¹³. No entanto, em situações de jejum e em esforços muito prolongados a sua participação energética começa a ter importância mais significativa, principalmente a partir da mobilização dos aminoácidos de cadeia ramificada – valina, leucina e isoleucina – cuja perfil gluconeoformador os evidencia no pool dos outros aminoácidos¹³.

Quando os hidratos de carbono ou não estão disponíveis ou o estão em percentagem reduzida ganham importância energética as proteínas. Em condições normais, provavelmente a oxidação das proteínas não contribui com mais de 5% para o total energético necessário numa actividade com duração de 2 a 3 horas, para além de que a perda de proteínas estruturais e funcionais apenas será tolerada até um limite, sem que seja prejudicada a saúde e a performance¹³.

A contribuição relativa dos CHO e das gorduras (glicose e ácidos gordos respectivamente) é largamente determinada pela intensidade e duração do exercício⁸⁵. Em exercício de baixa intensidade, a menos 50% do VO_{2max} , a gordura é o principal substrato⁵⁰, contando para mais de metade do total energético produzido, os restantes 50% ficam igualmente repartidos pela glicose sanguínea e o glicogénio muscular⁵⁹. A cerca de 60-65% do VO_{2max} a contribuição da gordura e dos CHO é grosseiramente semelhante, e acima deste nível passa a haver uma grande predominância dos CHO como fonte de energia^{59,62}. Em exercício de moderada intensidade, correspondendo a cerca de 70-75% do VO_{2max} , por um período de 2-4 horas, que é a intensidade aproximada a que correm os maratonistas de médio nível competitivo, o glicogénio muscular é o principal combustível, embora continuem a depender do metabolismo lipolítico^{62,82}. Em exercício de maior intensidade, a proporção de utilização dos CHO aumenta ainda mais e uma vez que o músculo comece a utilizar a glicólise anaeróbica para suplementar o metabolismo oxidativo, a proporção de utilização do glicogénio aumenta bruscamente, o que rapidamente provocará a impossibilidade de continuar o esforço por muito mais tempo⁵.

Mesmo quando a intensidade do exercício se mantém constante, o padrão de utilização de substratos sofre alterações com o tempo decorrido. Conforme o exercício vai progredindo, as reservas de glicogénio dos músculos em actividade vão diminuindo e o músculo vê-se obrigado a recorrer a outros combustíveis para poder prolongar a sua actividade⁵. Desde os anos 60 a biopsia muscular tem sido utilizada para monitorizar as alterações do glicogénio muscular ocorridas durante o exercício. O glicogénio existente nos músculos quadriceps vai diminuindo progressivamente durante um exercício até 70% do VO_{2max} , e o ponto de exaustão coincide com o momento em que o glicogénio muscular está praticamente esgotado⁴⁶. Isto é certamente verdade quando o exercício se desenrola num ambiente frio ou temperado, mas pode não se aplicar em ambientes quentes em que o estado de fadiga é atingindo antes da depleção das reservas de glicogénio muscular. A desidratação e o stress térmico concomitante parecem ser dos factores que mais contribuem para este

facto. A diminuição da contribuição energética do glicogénio muscular acontece de forma paralela à diminuição da quantidade existente no músculo⁷⁵.

Têm sido realizados vários estudos para avaliar a relação entre as reservas musculares de glicogénio e a capacidade para realizar um trabalho de longa duração. Verifica-se que a um nível correspondente a cerca de 75% do VO₂max, quando é atingido o ponto de exaustão as reservas musculares de glicogénio dos indivíduos também estão exauridas. No entanto, existe a possibilidade de continuar o esforço, reduzindo a intensidade, o que vai promover um superior apelo às reservas de ácidos gordos⁵¹. A oxidação da gordura mesmo quando suplementada pela oxidação da glucose sanguínea é incapaz de produzir a mesma quantidade de energia⁵⁰.

Conforme o exercício vai evoluindo, a concentração plasmática de ácidos gordos livres vai sendo cada vez maior devido a um aumento da cisão de triglicerídeos do tecido adiposo. É o resultado do aumento da circulação de catecolaminas (adrenalina e noradrenalina), as quais estimulam a lipólise, e da diminuição dos níveis circulantes de insulina a única hormona verdadeiramente anti-lipolítica²¹.

A existência de uma relação entre a glucose e os ácidos gordos é universalmente aceite. O que por vezes ainda é confuso é perceber qual destes substratos regula primeiramente a sua relação⁸².

Tradicionalmente é aceite que a proporção de utilização dos ácidos gordos por parte do músculo é fortemente determinada pela sua disponibilidade. A pedra angular desta hipótese é de que a percentagem de lipólise e conseqüentemente a disponibilidade de ácidos gordos controlam a contribuição da glucose e dos ácidos gordos para a produção de energia. O aumento da concentração plasmática de ácidos gordos vai induzir o músculo a utilizar mais gordura, poupando o glicogénio intramuscular^{40,62,71}. No entanto, outros autores, embora aceitando um pequeno efeito directo dos ácidos gordos na oxidação da glucose, defendem que é a própria glucose que determina directamente o grau de oxidação da gordura controlando o transporte dos ácidos gordos para o interior da mitocôndria^{69,72}. Newsholme, afirmava que as gorduras são queimadas nas chamas dos hidratos de carbono⁷⁵. No entanto,

esta imagem parece não corresponder em absoluto à realidade pois parece poder haver oxidação exclusiva de gorduras obtendo-se os intermediários glucídicos por via da gluconeogénese. Propõem que a disponibilidade intracelular de glicose, mais que a de ácidos gordos, é que regula a interação destes substratos durante o exercício⁸².

Em algumas situações, a libertação de glicose pelo fígado não consegue acompanhar a sua utilização pelo músculo e a glicemia começa a baixar. Embora uma baixa concentração de glicose no sangue – hipoglicemia (usualmente definida quando a concentração é inferior a 3.5 mmol.l^{-1})⁸⁴ não seja por si só um factor limitativo da performance física, é essencial que o fornecimento de glicose se mantenha estável como substrato para o cérebro.

A resposta metabólica ao exercício é influenciada por diversos factores, alguns dos quais têm importantes implicações na performance desportiva.

A necessidade de ter glicogénio disponível como substrato para exercício físico de intensidade moderadamente elevada implica que os atletas que praticam este tipo de treino de endurance se certifiquem de que fazem uma ingestão adequada de CHO. O organismo não tem capacidade metabólica para converter as suas reservas de gordura em CHO⁴⁷. Se o glicogénio muscular não for repostado no intervalo das sessões de treino, o músculo terá de recorrer à gordura como substrato energético. Embora o músculo se vá adaptando aumentando a sua capacidade para oxidar gordura, não é possível manter a intensidade de treino e a performance desportiva sairá comprometida. Na competição, em que o papel dos CHO é ainda mais crucial, aumentar o conteúdo de glicogénio muscular através do consumo elevado dos mesmos, irá promover a capacidade de endurance do indivíduo¹⁷.

A necessidade de assegurar um stock adequado de glicogénio muscular antes de uma competição já é bem reconhecida em algumas modalidades, como é o caso da maratona, mas muitos desportistas prestam pouca atenção a este aspecto essencial da sua preparação para a competição⁶².

Alguns estudos revelam que o efeito provocado pelo aumento do glicogénio muscular acima dos valores normais de repouso, no período pré-exercício, é nulo ou muito pequeno quando se trata de exercícios de elevada

intensidade e com duração inferior a 5 minutos. No entanto, um conteúdo elevado de glicogénio muscular no início do exercício irá adiar o surgimento da fadiga em actividades de endurance com duração superior a 90 minutos. No decorrer deste tipo de exercício a exaustão normalmente coincide com um conteúdo criticamente baixo de glicogénio muscular, sugerindo que o fornecimento de energia derivado da utilização do glicogénio não consegue ser repostado por um aumento da oxidação da glicose³⁹.

2.2. *Ingestão de CHO 30 a 60 minutos antes do início do exercício. Sua influência na performance desportiva em exercício de intensidade e duração elevadas.*

Os atletas recorrem a um leque variado de comportamentos (nutricionais/alimentares) considerados ergogénicos com o objectivo de melhorar a sua performance desportiva. As ajudas nutricionais podem estar categorizadas em: potenciais fontes de energia, facilitadores anabólicos, componentes celulares e promotores da recuperação física³.

Os benefícios do efeito da ingestão de hidratos de carbono durante o exercício são bem claros⁸⁷. No entanto, a eficácia, vantagens ou desvantagens dessa mesma ingestão 30 a 60 minutos antes do início do exercício é um tema que ainda levanta muita discussão²⁵.

Existem estudos que demonstram que a ingestão de CHO antes do início do exercício pode aumentar, outros dizem que pode diminuir e ainda há os que referem não ter qualquer efeito na performance do exercício, bem como na utilização do glicogénio muscular. Estas contradições encontradas na literatura deve-se, provavelmente, ao *timing* de ingestão da “refeição pré-exercício”⁶⁴, à quantidade de hidratos de carbono ingerido, ou ao grau com que esta “refeição pré-exercício” vai alterar a glicose plasmática e a resposta insulínica²⁵.

Ambos, quer os hidratos de carbono quer os alimentos, que contem uma combinação de nutrientes, são oxidados e absorvidos em diferentes

proporções, e conseqüentemente tem diferentes efeitos na glicemia e insulinemia²⁵.

A utilização do Índice Glicémico (IG) tem ganho relevo na área da nutrição desportiva, já que permite classificar os alimentos ricos em hidratos de carbono de acordo com a sua resposta glicémica em alimentos/refeições com baixo IG, alimentos/refeições com moderado IG e alimentos/refeições com elevado IG^{11,51}. No entanto, mesmo quando a “refeição pré-exercício” é classificada e quantificada de acordo com o seu IG, a literatura é muito inconsistente. O consumo de uma “refeição pré-exercício” de baixo IG pode atenuar os distúrbios metabólicos mediados pela insulina, bem como manter uma melhor disponibilidade de CHO. No entanto, existem poucas evidências científicas que comprovem que a ingestão de uma “refeição pré-exercício” rica em CHO e com baixo IG vá contribuir para a melhoria da performance desportiva em actividades de longa duração¹¹.

Alguns, mas nem todos os estudos, observaram que existe uma diminuição da oxidação dos hidratos de carbono quando o exercício é precedido da ingestão de uma refeição de baixo IG, comparativamente à ingestão de uma refeição de elevado IG. Claramente, a hipótese de que a ingestão pré-exercício de uma refeição de baixo IG é vantajosa durante o exercício reduzindo a oxidação de hidratos de carbono, é uma questão que necessita de mais investigação²⁵.

Há estudos que demonstram que a ingestão de glicose pré-exercício resulta num aumento da captação do glicogénio muscular durante 60 minutos de exercício, quando comparada com a ingestão de um placebo doce. No entanto não existem estudos que tenham avaliado a cinética da glicose durante o exercício quando precedido pela ingestão de alimentos, com base no IG²⁵.

Alguns autores têm sugerido que a glicogenólise muscular não é afectada pela ingestão de hidratos de carbono pré-exercício caso a redução da oxidação das gorduras devido à hiperinsulinemia seja acompanhada pelo aumento da libertação de glicose muscular e sua conseqüente oxidação. No entanto, se o aumento da libertação da glicose muscular não for da mesma

grandeza que a diminuição da oxidação da gordura provocada pela insulina, a utilização do glicogénio muscular pode ser aumentado²⁵.

Tem sido sugerido que após a ingestão de hidratos de carbono, a glicogenólise é mais lenta no início do exercício quando o uptake de glicose está aumentado, mas sofre uma aceleração quando se desenvolve mais tarde a hipoglicemia, no decorrer do exercício²⁵.

Está bem assente que a ingestão de hidratos de carbono de elevado IG no pré-exercício produz uma imediata resposta hiperglicémica, seguida por um rápido declínio na concentração plasmática de glicose. No entanto, é ainda controverso se a ingestão de hidratos de carbono de elevado IG afecta o uso do glicogénio e/ou a oxidação de hidratos de carbono durante o exercício. Mas este estudo suporta trabalhos já realizados que demonstram que a ingestão de hidratos de carbono de elevado IG aumenta a oxidação de hidratos de carbono e reduz a oxidação de gordura, durante o exercício²⁵.

A ingestão de uma determinada quantidade de glicose 45 minutos antes do início do exercício provoca um imediato aumento da concentração plasmática de glucose e insulina, verificando-se com o decorrer do exercício uma queda brusca da glucose sanguínea devido à elevada concentração plasmática de insulina, o que na maioria dos indivíduos se repercute surgindo sintomas de hipoglicemia (menos de 3,5 mmol/L)¹⁶. Porém episódios de hipoglicemia reactiva, podem surgir da combinação de várias situações: hiperinsulinémia associada a escassa ingestão de CHO e baixa actividade simpática⁵⁸.

3. Objectivos e Hipóteses

Ingestão de banana e de chocolate 30-60 minutos antes de exercício de elevada intensidade. Qual a influência na performance desportiva?

3.1. Objectivo geral

Com este estudo pretende-se avaliar qual a influência na performance desportiva, da ingestão de diferentes tipos de alimentos após uma noite de jejum, nomeadamente, água, chocolate e banana, 30 minutos antes do início de exercício a 75% do VO_2max .

3.2. Objectivos específicos

1. Verificar se a ingestão de banana, chocolate ou água, 30 minutos antes de iniciar exercício provoca episódios de hipoglicemia reactiva no decorrer do esforço a 75% do VO_2max .
2. Comparar o efeito, no tempo de prova, da ingestão de água, banana e chocolate, 30 minutos antes de iniciar exercício a 75% do VO_2max .
3. Comparar o efeito, no cociente respiratório, da ingestão de água, banana e chocolate, 30 minutos antes de iniciar exercício a 75% do VO_2max .
4. Comparar o efeito, nos valores da glicemia (antes e no fim da prova), da ingestão de água, banana e chocolate, 30 minutos antes de iniciar exercício a 75% do VO_2max .
5. Comparar o efeito, nos valores de lactato no final da prova, da ingestão de água, banana e chocolate, 30 minutos antes de iniciar exercício a 75% do VO_2max .

3.3. Hipóteses

- H₁ A ingestão de Hidratos de Carbono (CHO) - banana, chocolate - 30 minutos antes de iniciar uma prova física a 75% do VO₂max até à exaustão, não influencia a performance desportiva.
- H₂ A ingestão de Hidratos de Carbono (CHO) - banana, chocolate - 30 minutos antes de iniciar uma prova física a 75% do VO₂max até à exaustão, não desencadeia fenómenos de hipoglicemia reactiva
- H₃ A ingestão, 30 minutos antes de esforços de moderada/elevada intensidade, de Hidratos de Carbono (CHO) de Índice Glicémico (IG) baixo é vantajoso à ingestão de CHO de IG moderado/alto.

4. Material e Métodos

Ingestão de banana e de chocolate 30-60 minutos antes de exercício de elevada intensidade. Qual a influência na performance desportiva?

4.1. Descrição e Caracterização da Amostra

Participaram no estudo dez sujeitos desportistas que aderiram voluntariamente ao estudo, dos quais oito eram triatletas e dois ciclistas. Dois dos sujeitos não puderam concluir as provas pelo que as suas prestações não foram incluídas nos resultados do estudo. Todos foram informados dos objectivos, procedimentos e riscos decorrentes da sua participação.

No Quadro 1 apresentamos a caracterização da amostra. Estão representadas algumas características de cada atleta, como o peso, idade, altura, Índice de Massa Corporal (IMC), valor de $VO_2\text{max}$.

Quadro 3 – Caracterização da amostra

Atleta	Idade	Peso	Altura	IMC	$VO_2\text{max}$
1	31	79,6	1,80	24,57	61,28
2	25	73,6	1,78	23,23	62,52
3	34	69,4	1,77	22,15	61,04
4	28	77,4	1,72	26,16	50,82
5	46	73,0	1,68	25,86	46,80
6	22	61,6	1,73	20,58	58,15
7	32	62,2	1,69	21,78	55,37
8	30	65,2	1,75	21,29	50,36
Média amostra \pmstd	31 \pm 7,19	70,2 \pm 6,79	1,74 \pm 0,04	23,2 \pm 2,12	55,8 \pm 5,90

Os valores do peso e da altura foram determinados no dia em que realizaram a prova determinação do $VO_2\text{max}$.

4.2. Metodologia e Instrumentos Utilizados

Numa primeira fase cada indivíduo realizou uma prova para determinação do seu consumo máximo de oxigénio ($VO_2\text{max}$) segundo o protocolo por nós estabelecido.

O protocolo consistiu no seguinte procedimento: partindo de uma potência base 100W impôs-se incrementos de 20W a cada 60 segundos, até à exaustão. Foi considerado o ponto de exaustão o momento a partir do qual o atleta não foi capaz de manter a potência exigida por mais de 10 segundos. Esta prova foi realizada num cicloergómetro *Technogym*[®] previamente calibrado para o peso, utilizando cada atleta a sua própria bicicleta. A medição do VO₂max foi feita por Expirometria directa no Oxímetro CórteX Metalyzer IIID Germany “Breath-by-Breath”. A prova de determinação do VO₂max serviu também para se familiarizarem com o aparelho e procedimentos.

Para determinação da percentagem de VO₂max a utilizar durante as provas um dos atletas fez uma simulação de prova a 70% do VO₂max e chegou-se à conclusão que era uma percentagem muito baixa, já que o tempo de prova seria demasiado longo. Fez uma nova simulação, com 15 dias de intervalo a 80% do VO₂max e o tempo de prova foi insuficiente para determinação de alguns parâmetros. Assim, ficou estabelecido 75% de VO₂max como intensidade para todas as provas.

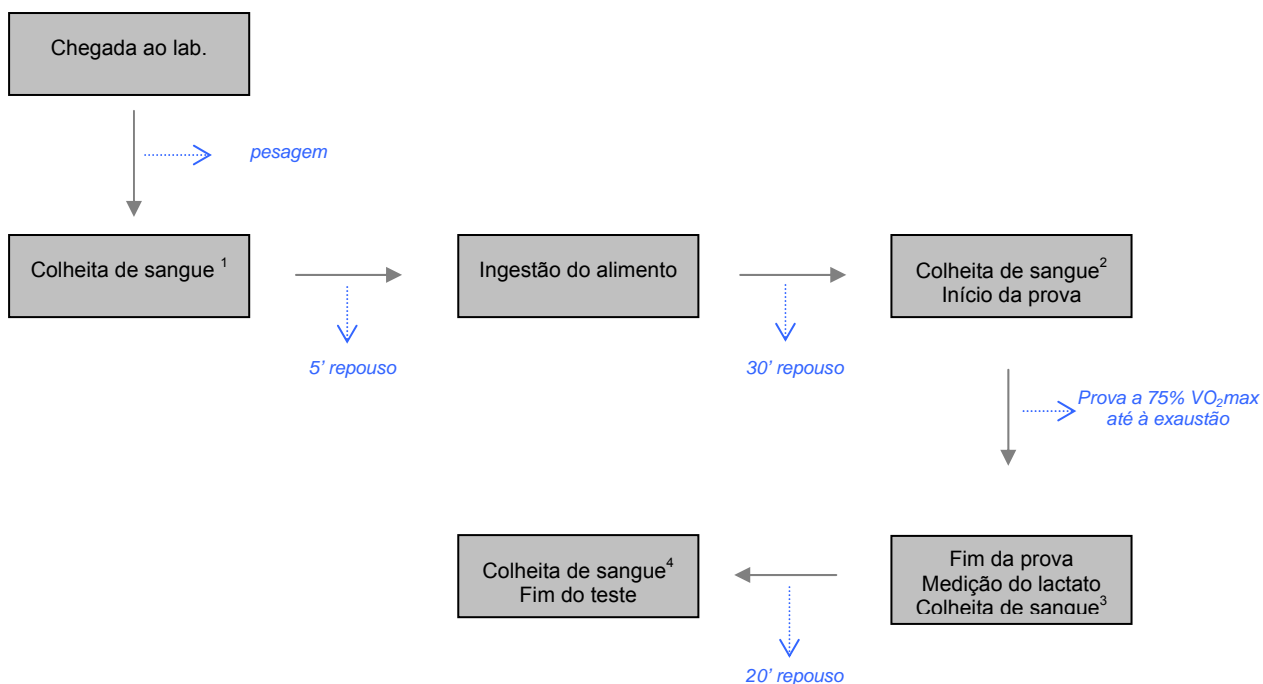
A potência equivalente a 75% do VO₂max de cada atleta foi encontrada fazendo a correspondência a esta percentagem de consumo máximo de oxigénio aquando da determinação deste.

Cada indivíduo realizou três provas a 75% do VO₂max até à exaustão, com diferentes alimentos teste – banana (100g), chocolate *Mars*[®] (45g) e água (200 ml), por ordem aleatória. Cada prova foi intervalada por pelo menos 7 dias. Durante as semanas em que decorreram todos os testes, os indivíduos mantiveram o mesmo nível de treino, não havendo competições nesse período.

À chegada ao laboratório foi registado o peso corporal de cada atleta.

A **Figura 1** explica como se desenvolveu cada teste.

Figura 1 – Esquema de cada prova (situação experimental)



4.2.1. Colheitas sanguíneas

Foram feitas colheitas em quatro momentos distintos: à chegada ao laboratório (antes da ingestão do alimento teste); imediatamente antes da prova física (após 30 minutos de repouso), no fim da prova e 20 minutos após o fim da prova. As colheitas foram feitas pelo sistema de vácuo S-Monovet da Starstead®, utilizando tubos de hemograma de 2,4mL com anticoagulante EDTA (0,1 mL) e tubos de soro-gel para 4,9 mL com micro-grânulos.

Em 3 momentos (antes da ingestão do alimento, no fim da prova e 20 minutos após o fim da prova) foram colhidos 15 mL de sangue, 5 dos quais para hemograma com o objectivo de determinar a concentração plasmática de glicose e 10mL para tubos de soro-gel para determinar a concentração de ácidos gordos livres. Antes de iniciar o esforço físico a colheita de 5 ml de sangue para tubos de hemograma teve como objectivo a determinação da concentração de glicose sanguínea.

4.2.1.1. Determinação da concentração de glicose sanguínea:

A determinação da concentração plasmática de glicose foi realizada pelo método *Trinder* (determinação enzimática) utilizando como calibrador o *ABX Pentra MultiCal* e o reagente o *ABX Pentra Glucose PAP CP*:

- tampão fosfato, pH 7,4 13,8 mmol/L
- Fenol 10mmol/L
- Amino-4-antipirina 0,3 mmol/L
- Glicose oxidase ≥ 10000 U/L
- Peroxidase ≥ 700 U/L
- Azida sódica $< 0,1\%$

4.2.1.2. Determinação da concentração sanguínea de ácidos gordos livres:

A determinação da concentração ácidos gordos foi realizada pelo método colorimétrico *Randox*[®]

4.2.1.3. Determinação da concentração de lactato no fim do esforço físico:

No final da prova física realizou-se a determinação da lactatémia no lóbulo da orelha através do aparelho *Lactate Pro*[®] com fitas reactivas.

4.2.2. Prova física

As provas físicas realizaram-se a uma potência correspondente a 75% do $VO_2\text{max}$ até à exaustão, tendo sido permitido um período inicial de aquecimento de 2 minutos, após os quais os atletas teriam de atingir a potência estabelecida e mantê-la até ao fim da prova com uma tolerância de $\pm 5W$. Considerou-se o fim do teste o momento a partir do qual os indivíduos não conseguiram manter a potência estabelecida por mais de 10 segundos.

As provas foram realizadas no cicloergómetro *Technogym*[®] previamente calibrado para o peso, utilizando cada atleta a sua própria bicicleta. A medição do VO₂max e do Quociente respiratório foi feita por Expirometria directa no Oxímetro CórteX Metalyzer IIID Germany “Breath-by-Breath”. A frequência cardíaca foi controlada através de uma cinta polar. Todos estes dados foram processados e apresentados pelo software *Metasoft*[®] 2.6..

4.3. Procedimentos Estatísticos

A descrição das variáveis foi feita a partir das medidas de estatística descritiva básicas: média e desvio padrão.

A análise da variância e comparação dos resultados foi realizada pelo teste ANOVA para medidas repetidas.

O nível de significância utilizado foi de 5% e os cálculos foram realizados no programa SPSS[®] 13.0.

Ingestão de banana e de chocolate 30-60 minutos antes de exercício de elevada intensidade. Qual a influência na performance desportiva?

5. Apresentação e Discussão dos Resultados

Ingestão de banana e de chocolate 30-60 minutos antes de exercício de elevada intensidade. Qual a influência na performance desportiva?

Antes de iniciarmos a análise deste ponto, interessa apresentar as razões porque adoptamos estes dois alimentos para a consecução do presente estudo. A banana e o chocolate *Mars*[®] foram escolhidos porque são dois alimentos com forte penetração no mundo desportivo que lhe reconhece as efectivas propriedades, senão ergogénicas, pelo menos energéticas. Estes dois alimentos fazem parte da cultura comum dos desportistas, principalmente daqueles empenhados em esforços que se prolongam no tempo. A escolha, por isso, foi determinada por forte apreciação social dos alimentos em questão e não correspondem, no nosso conceito, à melhor forma de induzir ou potenciações ergogénicas ou situações de hipoglicemia reaccional.

Vejamos a composição química de cada um deles (tabela 1):

Quadro 4 – Composição química da banana e do chocolate *Mars*[®]

	<i>Banana</i> (g/100g)	<i>Chocolate</i> (g/45g)
Proteínas	1,215	2,745
Hidratos de Carbono total	27,647	28,530
Frutose	4,602	
Glicose	4,366	
Fibra total	2,832	0,720
Fibra solúvel	0,909	
Fibra insolúvel	1,923	
Gordura	0,566	9,765
Gordura saturada	0,218	6,271
Gordura monoinsaturada	0,048	3,180
Gordura polinsaturada	0,105	0,314
Água	87,627	3,348

Fonte: *Microdiet Downlee Systems*[®]

Nota: Os valores apresentados na tabela 1 correspondem às quantidades reais ingeridas pelos atletas.

Outra característica que interessa analisar é o Índice Glicémico (IG) dos dois alimentos.

O conceito de IG é basilar para a compreensão dos efeitos fisiológicos, bioquímicos e energéticos dos alimentos com um dado teor em hidratos de carbono. Foi introduzido há mais de 20 anos, e permitiu classificar os alimentos

contendo CHO de acordo com o perfil de evolução da curva de glucose sanguínea subsequente à ingestão e assimilação sanguínea do referido alimento⁷⁸. O IG foi estudado pela primeira vez como uma ferramenta da nutrição desportiva por Thomas et al., em 1991. Mais concretamente, define-se o IG como o percentual de resposta glicémica (curva glicémica do alimento) produzida pela ingestão de 50g do alimento contendo hidratos de carbono em comparação com a resposta obtida no mesmo indivíduo, após a ingestão de 50g de glicose⁶³. Os alimentos podem ser classificados em 3 categorias segundo o IG: IG ≤ 55: baixo; IG ≥ 56 ou ≤ 70: moderado; IG ≥ 71: alto⁶³.

Os alimentos-teste do nosso estudo têm o seguinte IG:

Banana – 52 (baixo)⁶³

Chocolate Mars[®] – 65 (moderado)⁶³

No Quadro 5 são apresentados os resultados encontrados nas três provas: prova com ingestão de água (controlo), prova com ingestão de banana e prova com ingestão de chocolate.

Quadro 5 – Apresentação geral dos resultados das três provas

	Água (Ag)	Banana (Ba)	Chocolate (Ch)
Tempo de prova (min.)	39'45"±17'31"	39'41"±09'24"	25'00"±13'05"
FC - Frequência Cardíaca	169,5 ± 17,2	171,9 ± 12,5	173,4 ± 10,5
QR - Quociente Respiratório	0,87 ± 0,30	0,93 ± 0,49	0,95 ± 0,82
Lactato (mmol/L)	3,79 ± 0,73	5,01 ± 2,76	6,89 ± 3,99
Gj - Glicose jejum (mg/dL)	82,37 ± 13,64	78,25 ± 8,83	76,5 ± 12,08
Gf - Glicose fim prova (mg/dL)	126,5 ± 19,4	113,0 ± 26,08	116,4 ± 52,47
G ₂₀ - Glicose 20' após o fim (mg/dL)	106,13±17,71	98,63 ± 15,41	112,0 ± 31,53
AGLj - Ácidos gordos livres jejum (mmol/L)	0,16 ± 0,07	0,20 ± 0,11	0,23 ± 0,17
AGLf - Ácidos gordos livres fim prova (mmol/L)	0,35 ± 0,17	0,51 ± 0,35	0,24 ± 0,18
AGL ₂₀ - Ácidos gordos livres 20' após o fim (mmol/L)	0,40 ± 0,19	0,35 ± 0,22	0,14 ± 0,07

O presente estudo assenta essencialmente na comparação do efeito na performance desportiva, entre a ingestão de dois alimentos ricos em hidratos

de carbono, tendo a água como controlo. A avaliação da performance desportiva foi realizada pela mensuração do tempo de prova. Na tentativa de explicar as possíveis diferenças encontradas foram avaliados alguns parâmetros bioquímicos e fisiológicos.

Antes de iniciarmos a interpretação exaustiva dos dados, importa referir que foi nossa preocupação, antes da realização da prova de esforço, determinar a resposta glicémica induzida pela ingestão do alimento. Esses dados, dar-nos-iam a possibilidade de eventualmente detectar uma situação de hipoglicemia anterior ao esforço. De igual forma permitir-nos-ia determinar o comportamento temporal dos alimentos em relação à situação de repouso. Embora tenhamos recolhido o sangue de todos os atletas imediatamente antes do esforço, por razões de inépcia laboratorial, não nos foram outorgados esses dados, que seriam cruciais para aprofundamento do estudo.

Assim, para uma melhor interpretação, os resultados estão divididos em três situações de estudo:

- 5.1. *Comparação prova com ingestão de Água (Ag) e prova com ingestão de Banana (Ba)*
- 5.2. *Comparação prova com ingestão de Água (Ag) e prova com ingestão de Chocolate (Ch)*
- 5.3. *Comparação prova com ingestão de Banana (Ba) e prova com ingestão de Chocolate (Ch)*

5.1. Comparação entre prova com ingestão de Água (Ag) e prova com ingestão de Banana (Ba) – Quadro 6

Quadro 6 – Comparação entre a prova da Ag e a prova da Ba.

	Variação % (Ag→Ba)	Valor de p
Tempo de prova (min.)	↓1,0%	0,990
FC – Frequência Cardíaca Max.	↑1,4%	0,688
QR – Quociente Respiratório	↑6,9%	0,024
Lactato (mmol/L)	↑32,2%	0,282
Gj - Glicose jejum (mg/dL)	↓5,0%	0,550
Gf - Glicose fim prova (mg/dL)	↓10,7%	0,161
G ₂₀ - Glicose 20' após o fim (mg/dL)	↓7,1%	0,183
AGLj - Ácidos gordos livres jejum (mmol/L)	↑25,0%	0,476
AGLf - Ácidos gordos livres fim prova (mmol/L)	↑45,7%	0,267
AGL ₂₀ - Ácidos gordos livres 20' após o fim (mmol/L)	↓12,5%	0,722

Nesta situação experimental, verificamos que os tempos de prova não diferiam entre a ingestão de água e ingestão da banana. São muitos os trabalhos que corroboram os nossos dados. Decombaz et al., 1985; Hargreaves et al., 1987; Febbraio and Stewart, 1996; Sparks et al., 1998; Febbraio et al., 2000; Jentjens and Jeukendrup, 2003; Jentjens et al., 2003; Moseley et al., 2003; Devlin et al., 1986 comprovaram que a ingestão de Cho 30 a 60 minutos antes do esforço não tem nenhuns efeitos sobre a performance. Por seu lado, Gleeson et al., 1986; Sherman et al., 1989; Thomas et al., 1991; Wright et al., 1991; Sherman et al., 1991; Maclaren et al., 1994; Kirwan et al., 1998; Applegate, 1999, verificaram melhorias performativas após a ingestão de CHO nos 30-60 minutos antes da realização do exercício.

No entanto, muitos autores, aceitando a tese que a ingestão de CHO na hora que antecede um dado esforço prolongado pode induzir situações de hipoglicemia, asseveram que a afectação da performance depende da sensibilidade individual dos sujeitos em conviver com as baixas de açúcar

sanguíneo. Está perfeitamente evidenciado, que após ingestão de um alimento rico em carboidratos, quanto mais elevado for o IG do alimento, maior será a taxa de glicose sanguínea e a consequente descarga insulínica. Este processo poderá conduzir a tempos de prova inferiores devido à fadiga precoce. Ou seja uma prova realizada com a pré-ingestão de um alimento de IG menor poderá ser vantajoso em termos metabólicos e de performance desportiva⁵³.

A alteração da concentração de insulina (aumento), provoca uma resposta contraregulatória hormonal. Segundo Davis et al, quando comparamos um ambiente rico em insulina com outro menos rico, verifica-se um aumento da concentração plasmática de epinefrina e norepinefrina e uma diminuição da concentração de glucagon²¹.

Existem autores que nos seus estudos concluíram que independentemente do IG dos alimentos ingeridos antes do exercício, o desempenho desportivo não é significativamente diferente²⁶.

No nosso entender e em consonância com outros autores, a influência que poderá ter a diferente constituição e conseqüentemente o diferente IG dos dois alimentos teste, na performance desportiva poderá ser minimizada se a ingestão se realizar precocemente (1-3 horas) à testada no estudo, pois verifica-se que com esse intervalo de tempo, embora ocorram alterações metabólicas, aquando do início do exercício, a matriz será muito semelhante⁶⁴.

O problema de um elevado ambiente insulínico eventualmente indutor de hipoglicemia afectar a performance desportiva é um facto pouco comprovado pela investigação. Quer-nos parecer que numa situação em que as reservas de glicogénio muscular estejam repletas, em sujeitos normais, pouco sensíveis às flutuações da glicose sanguínea, uma eventual entrada em situação de hipoglicemia não terá efeitos nefastos sobre a performance. Como a banana é um alimento caracterizado como de baixo IG, a similitude de performance nas duas situações (AG vs BA) pode prender-se com esse facto. Mais à frente procuraremos fundamentar esta asserção quando estudarmos os efeitos comparativos entre banana e chocolate.

Segundo Jentjens e Jeukendrup (2002), esta sensibilidade não está relacionada com a sensibilidade à insulina, mas sim com outros factores cuja

etiologia é ainda incerta. Considerando, por isso, que a experiência individual deve ditar a prática individual³⁷.

De todos os indicadores estudados, somente o QR apresenta diferenças com significado estatístico ($p < 0.05$). Este indicador apresenta uma grande variabilidade, pelo que não podemos aduzir considerações muito profundas acerca do seu comportamento, embora, seja natural, que num ambiente fisiológico em que o metabolismo dos glúcidos é preponderante em detrimento das gorduras, o QR seja mais elevado. Numa situação de excessiva disponibilidade de glúcidos, cria-se um ambiente hormonal que favorece a glicogenólise com o conseqüente aumento do QR (Thomas et al., 1991). Outros estudos corroboram esta asserção. Assim, Bonen et al. (1981), verificaram que a ingestão de glicose 15 minutos antes de um esforço intenso (80% VO₂max) leva a uma maior oxidação de CHO durante o exercício uma vez que o QR e o lactato no fim da prova são significativamente mais elevados comparativamente à ingestão de água. O aumento da oxidação de CHO tem sido frequentemente verificado aquando da ingestão de CHO na hora precedente ao exercício^{1,16,18,27,42,86}. Para Coyle et al., este aumento da oxidação de CHO poderá dever-se à alteração de disponibilidade de substratos energéticos e à síntese de glicogénio após a ingestão de CHO¹⁸.

Os nossos dados indiciam que a ingestão de banana, embora de baixo IG, talvez derivado do seu teor em glucose, que é percentualmente idêntico ao de frutose, pode induzir uma resposta metabólica potenciadora da glicogenólise e dos metabolitos e indicadores respiratórios que lhe correspondem.

A análise estatística não permite vislumbrar diferenças significativas em relação à lactatémia. Em estudos de reduzido número amostral pode acontecer que a inexistência de significado estatístico encubra uma realidade fisiológica diferenciada. No nosso entender, este raciocínio aplica-se à lactatémia. Uma subida percentual de 32.2% permite diferenciar as duas situações experimentais. A maior concentração de lactato no final da prova com a banana indica, novamente, uma maior oxidação de CHO iniciada por uma glicogenólise mais acentuada e que é controlada pela acção da enzima fosfofrutoquinase estimulada por um aumento da insulinemia⁵¹.

Quando avaliamos a glicemia e a concentração de ácidos gordos livres em três momentos distintos – em jejum, no fim do esforço físico e 20 minutos após o final da prova física - verificamos que não existem diferenças estatisticamente significativas. Em relação à glicemia os valores apontam para uma tendência negativa, i.e., nos três momentos, a concentração de glicose é menor na prova com ingestão de banana comparativamente à prova com ingestão de água.

Esta interpretação é consistente com os estudos de Bosch et al (1993) e Shabot et al (1999) que concluíram que o estado de exaustão não está relacionado com uma menor concentração de glicose sanguínea no final da prova física.

Seria de esperar uma maior concentração de ácidos gordos livres no final da prova da água comparativamente à prova da banana, o que indicaria uma maior utilização destes como substratos energético²⁵. No entanto, tal não ocorreu. Este facto é estranho e não encontra suporte documental na literatura. Popperianamente não podemos excluir a hipótese de a recolha dos dados ter sido afectada por deficiências laboratoriais. Mas, se esta hipótese não se verificou torna-se muito difícil justificar a elevação dos AGL no decurso do esforço, após a ingestão de banana. Falta-nos o dado da taxa glicémica imediatamente anterior ao exercício para poder levantar outras hipóteses, entre as quais se pode especular que o ambiente hormonal induzido pela ingestão da banana, induziu um bloqueio temporário da entrada dos AGL na célula muscular, fazendo aumentar no sangue a referida taxa de concentração. Esta hipótese é muito arriscada, e necessitaria de outros estudos para ser corroborada.

Há mais de 30 anos, Randle e colaboradores⁷¹ propuseram a hipótese clássica de que a oxidação de gordura é que regula a oxidação de CHO³⁸. Porém são poucas as evidências que suportam esta hipótese⁴⁴. De acordo com outros investigadores, a ingestão de CHO antes do exercício leva a uma diminuição da utilização de AGL como substrato energético^{59,67,69,72}. I.e., a disponibilidade de CHO pode regular directamente a oxidação de gordura durante o exercício^{19,44}. Esta regulação ocorre porque o aumento do nível de

insulina devido à ingestão de CHO antes do exercício vai inibir a lipólise e consequentemente fazer diminuir o pool de AGL disponíveis para oxidar, para além do aumento da concentração de glicose disponível^{43,44}. Uma questão se levanta: - Será que a descarga adrenérgica inicial provocou a mobilização significativa dos triglicérides periféricos, fazendo-os aumentar no sangue, porque não foram utilizados?

Segundo Calles-Escandón (1991), a ingestão de CHO 30 minutos antes de uma prova física a 70% do $VO_2\text{max}$, não afecta a performance desportiva, mas atenua e facilita a recuperação pós-exercício¹². No presente estudo, quando comparamos a prova da água com a da banana, os resultados estão de acordo com este autor, uma vez que o valor de AGL 20 minutos após o fim do esforço físico é superior aquando da ingestão da banana. Mas, no entanto, no nosso entender, é pelo menos questionável que uma elevada taxa de AGL no sangue seja indiciadora duma recuperação facilitada. Pensamos que quer numa situação de esforço quer numa situação de repouso, os CHO são o substrato fundamental quer para as missões de suporte ao exercício quer para as funções de recuperação.

5.2. Comparação entre prova com ingestão de Água e prova com ingestão de Chocolate – Quadro 7

De igual forma ao que fizemos entre a água e a banana, vamos de seguida comparar o comportamento dos indicadores estudados na situação experimental água versus chocolate.

Quadro 7 – Comparação entre a prova da Ag e a prova do Ch.

	Variação % (Ag→Ch)	Valor de p
Tempo de prova (min.)	↓37,2%	0,135
FC - Frequência Cardíaca	↑2,3%	0,349
QR - Quociente Respiratório	↑9,2%	0,029
Lactato (mmol/L)	↑81,8%	0,071
Gj - Glicose jejum (mg/dL)	↓7,1%	0,382
Gf - Glicose fim prova (mg/dL)	↓8,0%	0,574
G ₂₀ - Glicose 20' após o fim (mg/dL)	↑5,5%	0,554
AGLj - Ácidos gordos livres jejum (mmol/L)	↑43,8%	0,250
AGLf – Ácidos gordos livres fim prova (mmol/L)	↓31,4%	0,208
AGL ₂₀ - Ácidos gordos livres 20' após o fim (mmol/L)	↓65,0%	0,016

A leitura dos nossos dados é controversa. Assim, embora as diferenças entre os tempos da água e chocolate não tenham relevância estatística, no nosso entender, têm-na em termos funcionais ou fisiológicos. Uma diferença percentual média de 37,2% é significativa, embora estejamos seguros da imensa variabilidade que caracterizou a nossa amostra. No entanto, os dados tendencialmente apontam para a redução do tempo de prova como consequência da ingestão dum alimento rico de CHO, neste caso de IG moderado.

A ingestão de chocolate, com um IG superior ao da banana, deve apontar para uma acentuação da glicogenólise e elevação do QR. Tal verificou-se nesta situação experimental o que corrobora os dados de Costill et al. (1977) que comprovaram que a ingestão de CHO, nos 30 a 60 minutos anteriores ao exercício prolongado, provocava o aumento da glicogenólise. No entanto, contrariamente a estes autores que asseveram que o aumento da glicogenólise induzida pela sobrecarga em CHO provoca o advento de fadiga e prejuízo da performance, no presente estudo tal não se verificou. No entanto, as coisas não são tão lineares. É lógico que a análise estatística não dá diferenças com significado estatístico, mas, se analisarmos os dados

individuais, verificamos que alguns atletas evidenciam sinais de fadiga com afectação directa no rendimento. Isto, leva-nos a concluir que a resposta à sobrecarga glicogénica antes de um esforço tem uma responsividade individual muito clara, e que a consideração das médias pode impedir uma discussão mais eficaz e aprofundada. Portanto, se os nossos dados, tomados como um todo não corroboram Costill et al. (1977), alguns atletas evidenciam comportamentos que corroboram estes autores, o que foi posteriormente reforçado por outros estudos (Foster et al., 1979; Koivisto et al., 1981)³⁷.

Considerando a banana e o chocolate como alimentos ricos em CHO, verificamos que os dois apresentam respostas diferentes comparativamente à água, em termos de tempo de prova. Estas diferenças radicam, pensamos, no IG específico de cada alimento.

O comportamento do QR e da lactatémia quando comparamos o chocolate com a água é semelhante ao da banana. Pensamos, que a lactatémia pós-esforço se acentua porque a disponibilidade sanguínea de glucose, bem como o potencial para o seu transporte intracelular se encontram aumentados, acentuando a glicogenólise e a glicólise (Bonen et al., 1981).

A interpretação da glicemia no fim da prova leva-nos a sugerir que a diminuição do tempo de prova verificado aquando da ingestão do chocolate não pode ser explicada por uma correspondente diminuição dos valores de glucose sanguínea e em particular pelo surgimento de hipoglicemia reactiva. Apesar de haver uma ligeira redução nos valores da glucose (-8%), não tem qualquer significado estatístico nem fisiológico, acreditamos nós. Portanto, podem acontecer situações de falência funcional com *status* glicémicos normais (Bosch et al., 1993; Shabot et al., 1999)⁷⁷. Nestes casos temos de encontrar as causas noutros mecanismos que não a hipoglicemia reactiva. Na análise individual dos sujeitos deste estudo verificamos 2 casos de marcada insuficiência funcional após a ingestão do chocolate, com sinais precoces de fadiga e alguns sinais de descontrolo nervoso (tremuras, suores exagerados e vómitos). Podemos especular que o poder excitante do sistema nervoso central induzida pelo princípio bioquímico específico do chocolate (3,7,di-metil-xantina)

pode ser a causa dessas reacções. Alguns relatos anedóticos no âmbito desportivo confirmam esta suposição.

Em relação à concentração de ácidos gordos livres no final do esforço físico, comparando a prova da água e a do chocolate, não se encontram diferenças estatisticamente significativas. Horowitz et al. (1997) estudaram a lipólise e a oxidação dos AGL em três situações experimentais: (i) jejum, (ii) após ingestão de frutose, e (iii) após ingestão de glucose. Comprovaram que o aumento da insulina plasmática, determinada pela ingestão da frutose e glucose, tem um efeito limitativo quer na lipólise quer na oxidação dos AGL. No presente estudo, os dados apontam, tendencialmente, para uma certa inibição da lipólise após ingestão do chocolate. No presente estudo, após Ch, verificamos que a taxa de AGL em jejum é idêntica à taxa após exercício. É óbvio que nos faltam os valores de AGL imediatamente antes do exercício para poder validar esta similitude, mas, parece-nos que a ingestão de chocolate produziu um ambiente insulínico, muito provavelmente, bloqueador da lipólise. Por contraponto, evidenciamos a subida, para mais do dobro ($p=0.01$), da taxa de AGL após exercício, após a simples ingestão de água o que reforça a tese que atrás expandimos. Regressando às reacções fisiológicas induzidas pela ingestão da banana que parece determinar um comportamento similar ao da água em relação aos AGL em jejum e após exercício. Como interpretar isto? Será que a textura, grau de amadurecimento, composição em fibras, poderá ter induzido um processamento dificultado dos açúcares deste alimento, que atenuaram a resposta insulínica e o conseqüente bloqueio da lipólise?

É de estranhar, ou talvez não se a hipótese que levantamos atrás está correcta, que o comportamento dos vários indicadores seja similar após ingestão de água e banana. A lipólise e a oxidação dos AGL diferencia-se da situação de jejum, seja após ingestão de glucose, seja de frutose (Horowitz et al., 1997). Quando os dois substratos administrados são puros, existem menos diferenças entre a frutose e a glucose, que entre qualquer destas e o jejum, em relação à lipólise e oxidação de AGL. Não é o caso deste estudo, em que a ingestão de chocolate provoca uma resposta completamente diferente da resposta de água e banana. As diferenças em relação ao estudo de Horowitz et

Al. (1997) podem-se prender com as qualidades fisiológicas dos alimentos, puros num caso, completos e complexos noutra.

Quando avaliamos a concentração de AGL 20 minutos após o esforço físico, verificamos que no chocolate ela é menor. Esta diferença tem significado estatístico. Rejeitando a hipótese avançada por Calles-Escandon et al. (1991) que relacionam a taxa de AGL com o processo de recuperação após esforço, quer-nos parecer, que a redução dos AGL aos 20 minutos após o término do exercício, significa uma atenuação da lipólise ou o aumento do processo de reesterificação.

5.3. Comparação da prova com ingestão de Banana e prova com ingestão de Chocolate – Quadro 8

Quadro 8 – Comparação entre aprova da Ba e a prova do Ch.

	Variação % (Ba→Ch)	Valor de p
Tempo de prova (min.)	↓37,0%	0,049
FC - Frequência Cardíaca	↑0,9%	0,693
QR - Quociente Respiratório	↑2,2%	0,442
Lactato (mmol/L)	↑37,5%	0,171
Gj - Glicose jejum (mg/dL)	↓2,2%	0,748
Gf - Glicose fim prova (mg/dL)	↑3,0%	0,740
G ₂₀ - Glicose 20' após o fim (mg/dL)	↑13,6%	0,115
AGLj - Ácidos gordos livres jejum (mmol/L)	↑15,0%	0,732
AGLf - Ácidos gordos livres fim prova (mmol/L)	↓31,4%	0,097
AGL ₂₀ - Ácidos gordos livres 20' após o fim (mmol/L)	↓52,9%	0,016

Na linha de raciocínio que evidenciamos atrás, e como as respostas Ag-Ba são idênticas em vários indicadores, quase podíamos assimilar as considerações que fizemos sobre as diferenças entre água e chocolate com as diferenças entre os dois alimentos de referência. No entanto, a análise dos dados permite-nos ir um pouco mais longe.

Ao contrário do verificado nas outras duas situações de estudo, quando comparamos o tempo entre a prova da banana e do chocolate, as diferenças são estatisticamente significativas ($p < 0,05$), sendo o tempo de prova do chocolate 37% inferior ao da banana. Como vimos atrás, tal ficar-se-á a dever a outros factores que não a hipoglicemia reaccional.

O QR e o lactato na prova do chocolate são superiores aos da prova da banana, mas sem significado estatístico. Ficar-se-ão a dever ao superior IG do chocolate, cujos efeitos insulínicos acentuarão o metabolismo glucídico intracelular, inibindo a mobilização de ácidos gordos livres e consequentemente levando a uma maior oxidação de CHO com maior produção de lactato adjacente^{20,25,86}.

Em relação à glicemia no fim do esforço físico não há diferenças estatisticamente significativas entre Ba e Ch. No entanto, o desvio-padrão muito elevado na situação Ch, leva-nos a perspectivar que alguns sujeitos colocados nos extremos da distribuição podem apresentar comportamentos muito díspares em relação à média. Daqui se infere, reforçando o que atrás dissemos, que as respostas fisiológicas e bioquímicas, provocadas pela ingestão destes dois alimentos, comportam diferenciações marcantes que só encontram justificação na sensibilidade individual aos vários alimentos. Da mesma forma que alguns alimentos, em sujeitos extremamente sensíveis, provocam choques anafiláticos de origem alimentar, quer-nos parecer que a especificidade de um alimento determina respostas fisiológicas e bioquímicas diferenciadas em função do sujeito, impedindo-nos de fazer induções generalistas a partir dos dados que obtivemos.

Em relação à situação de repouso verificou-se um aumento significativo dos AGL após esforço, na situação Ba. Na situação Ch os valores de AGL são idênticos nos dois momentos. Mais uma vez, temos, como única arma heurística para justificar esta situação, as qualidades físicas da banana. Quer dizer que a ingestão da banana não condicionou, pelo menos de forma significativa, a lipólise. Importa referir que, mesmo em situações experimentais em que se utilizam alimentos puros (frutose e glucose) em nenhuma situação durante exercício prolongado, a lipólise e a oxidação dos AGL é bloqueada.

Reduzida sim, anulada não. Horowitz et al. (1997), aos 50 min de exercício moderado, verificaram libertação de insulina de 8, 17 e 38 $\mu\text{U/ml}$, respectivamente em jejum, após ingestão de frutose e após ingestão de glucose, a que correspondiam taxas de lipólise de 6.9, 4.3 e 3.2 $\mu\text{mol.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$. Isto significa que, mesmo quando o ambiente insulínico é prevaemente continua a existir uma dada taxa de oxidação dos AGL durante o exercício.

Todos os indicadores nos levam a crer que as diferenças verificadas entre a Ba e o Ch radicam na sua composição bromatológica. Sabe-se que a frutose e a glicose são absorvidas pelo nosso organismo a diferentes proporções tendo efeitos distintos nos níveis de hormonas circulantes^{29,56}, nomeadamente nos níveis de insulina, torna-se legítimo esperar prestações diferentes para as duas provas, mesmo sabendo que a cinética da insulina está relacionada com o nível de treino (indivíduos treinados são menos sensíveis à insulina)⁵². A glicose provoca uma resposta insulinémica maior que a frutose^{14,23,26,27,31,35,57,60}. Esta última é um fraco secretagogo de insulina⁸⁹. Estas diferenças também poderão ter a ver com o Índice Glicémico (IG) de cada alimento^{26,86}.

Vinte minutos após o final do exercício verificamos que a taxa plasmática de AGL se reduz quer na Ba quer no Ch. Isto significa a atenuação da lipólise, concomitante à atenuação da glicogenólise hepática. Só na situação Ch, é que os valores de AGL são reduzido abaixo dos valores de partida. Isto pode significar que, na situação Ch, enquanto durante o exercício ganhou expressão o metabolismo glucídico, no período inicial de recuperação ganhou, superior expressão relativa, o metabolismo lipídico. Esta asserção é muito arriscada em virtude da ligeira alteração dos valores, mas quer-nos parecer que quanto mais glicolítico for o exercício tanto mais lipolítica será a fase de recuperação. Não será de excluir a hipótese de que durante o período de recuperação se acentua o processo de reesterificação, seja no adipócito periférico seja dentro do músculo.

6. Conclusões

Ingestão de banana e de chocolate 30-60 minutos antes de exercício de elevada intensidade. Qual a influência na performance desportiva?

Como conclusões deste trabalho podemos evidenciar que:

- (i) Comparando com a água, a ingestão de banana, 30 a 60 minutos antes de um exercício prolongado de intensidade moderada, não acarreta benefícios para a performance, o que está de acordo com a nossa primeira hipótese.
- (ii) Comparando com a água, a ingestão de chocolate, 30 a 60 minutos antes de um exercício prolongado de intensidade moderada, acarreta, malgrado a grande variabilidade intra-individual, prejuízo para a performance. Esta conclusão não vai de encontro à nossa primeira hipótese .
- (iii) Não existe correspondência entre a taxa de glicemia e o tempo de exercício. Assim, a emergência da exaustão não se relaciona com baixas significativas de açúcar sanguíneo, o que corrobora a nossa segunda hipótese.
- (iv) Comparando os tempos de exercício após ingestão de banana e de chocolate, verificamos que existem diferenças funcionalmente significativas a favor da banana, o que se prende não só pelo menor Índice Glicémico desta, mas também pelas qualidades bromatológicas específicas. Confirma-se desta forma a nossa terceira hipótese
- (v) A lactatémia após esforço é tendencialmente maior após ingestão de chocolate que após ingestão de banana, o que significa superior mobilização da glicogenólise intra-muscular.
- (vi) A lactatémia após ingestão de água é mais reduzida e aponta para uma superior mobilização do metabolismo lipolítico
- (vii) O QR acompanha, e em parte corrobora, o comportamento do lactato nas várias situações experimentais.
- (viii) Comprovou-se que alimentos com alto teor em glucose não apresentam benefícios performativos quando ingeridos na hora que antecede o exercício.

Como corolário, podemos afirmar, mesmo que os resultados não sejam conclusivos, que a ingestão de alimentos de elevado teor em hidratos de carbono não induz melhorias da performance, quando ingeridos na hora que antecede o exercício. Os eventuais efeitos deletérios desaconselham a sua utilização durante esse período.

7.Referências Bibliográficas

Ingestão de banana e de chocolate 30-60 minutos antes de exercício de elevada intensidade. Qual a influência na performance desportiva?

1. Aalborg, G.; Bjorkman, O. (1987). Carbohydrate utilization by exercising muscle following pre-exercise glucose ingestion. *Clin Physiol Oxf*, 7, 181-195.
2. Achten, J.; Jeukendrup, A.E. (2004). Optimizing fat oxidation through exercise and diet. *Nutrition*, 20 (7-8), 716-727.
3. Applegate, E. (1999). Effective nutritional ergogenic aids. *Int J Sports Nut*, 9 (2), 229-239.
4. Balsom, P.D.; Wood, K.; Olsson, P.; Ekblom, B. (1999). Carbohydrate intake and multiple sprint sports: with special reference to football (soccer). *Int. J. Sports Med*, 20, 48-52.
5. Bangsbo, J.; Gram., T.E.; Kiens, B.; Saltin, B. (1993). Elevated muscle glycogen and anaerobic energy production during exhaustive exercise in man. *Am J Cl Nut*, 451, 205-227.
6. Below, P.R.; Mora-Rodriguez, R.; Gonzalez-alonso, J.; Coyle, E.F. (1995). Fluid and carbohydrate independently improve performance during 1h of intense exercise. *Med Sci Sports Exercise*, 27(2), 200-210.
7. Bonen, A.; Malcolm, S.A.; Kilgour, R.D.; MacIntyre, K.P.; Belcastro, A.N. (1981). Glucose ingestion before and during intense exercise. *J. Appl. Physiol.*, 50 (4), 766-771.
8. Bosch, A.N.; Dennis, S.C.; Noakes, T.D. (1993). Influence of carbohydrate loading on fuel substrate turnover and oxidation during prolonged exercise. *J Appl Physiol*, 74, 1921-1927.
9. Brun, J.F.; Dumortier, M.; Fedou, C.; Mercier, J. (2001). Exercise hypoglycaemia in nondiabetic subjects. *Diabetes Metabolism*, 27, 92-106.
10. Burke, L.M.; Ckassen, A.; Hawley, J.A.; Nockes, T. D. (1998). Carbohydrate intake during prolonged cycling minimizes effect of glycemic index of preexercise meal. *J. Appl. Physiol.*, 85, 2220-2226.
11. Burke, L.M.; Collier, G.R.; Hargreaves, M. (2001). Glycemic index – a new tool in sport nutrition? *Int J Sport Nut*, 8(4), 401-415.

12. Calles-Escandón, J.; Devlin, J.T.; Whitcom, W.; Horton, E.S. (1991). Pre-exercise feeding does not affect endurance cycle exercise attenuates post-exercise starvation-like response. *Med. Sc. Sports Exercise*, 23(7), 818-824.
13. Callow, M.; Marton, A.; Guppy, M. (1986). Marathon fatigue: the role of plasma fatty acids, muscle glycogen and blood glucose. *European J Appl Physiol*, 55, 654-661.
14. Caron, A.; Lavoie, C.; Paronnet, F.; Hillaire, M.C.; Massicotte, D. (2004). Oxidation of [13C] glucose ingested before and/or during prolonged exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 91 (2-3), 217-223.
15. Constable, S.; Favier, R.; Cartee, G.; Joung, D.; Holloszy, J. (1988). Muscle glucose transport. Interactions on in vitro contractions, insulin and exercise. *J Appl Physiol*, 64, 2329-2332.
16. Costill, D.L.; Coyle, E.; Dalsky, W.E.; Fink, W.; Hoopes, D. (1977). Effect of elevated plasma FFA and insulin glycogen usage during exercise. *J. Appl. Physiol.*, 43, 695-699.
17. Costill, D.L.; Hargreaves, M. (1992). Carbohydrate nutrition and fatigue. *Sports Med.*, 13 (2), 86-92.
18. Coyle, E.F.; Coggan, A.R.; Hemmert, M.K.; Lowe, R.C.; Walters, T.J. (1985). Substrate usage during prolonged exercise following a preexercise meal. *J. Appl. Physiol.*, 59, 429-433.
19. Coyle, E.F.; Jeukendrup, A.E.; Wagenmakers, A.J.; Saris, W.H. (1997). Fatty acid oxidation is directly regulated by carbohydrate metabolism during exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab.*, 36, E268-E275.
20. Cunilleros, E.J.; Hinchaliff, K.W.; Sams, R.A.; Devor, S.T.; Linderman, J.K. (2002). Glycemic index of a meal fed before exercise alters substrate use and glucose flux in exercising horses. *J. Appl. Physiol.*, 92, 117-128.
21. Davis, S.N.; Shavers, C.; Collins, L.; Cherrington, A.D.; Price, L.; Hedstrom, C. (1994). Effects of physiological hyperinsulinemia on

- counterregulatory response to prolonged hypoglycaemia in normal humans. *Am. J. Phys. Endocrinology Metabolism* 267, E402-E410.
22. De Feop, D.L.; Lucidi, P.; Murdolo, G.; Parlante, N.; De Cicco, A.; Piccioni, F.; Santeusano, F. (2003). Metabolic response to exercise. *J Endocrinology Invest.*, 26(9), 851-854.
23. Decombaz, J.; Sartori, D.; Arnaud, M.J.; Thelin, A.L.; Schurch, P.; Howald, H. (1985). Oxidation and metabolic effects of fructose or glucose ingested before exercise. *Int J Sports Med*, 6, 282-286.
24. Devlin, J.T.; Calles-Escandón, J.; Horton, E.S. (1986). Effects of preexercise snack feeding on endurance cycle exercise. *J. Appl. Physiol.*, 60, 980-985.
25. Fabbraio, M.A.; Keenan, J.; Angus, D.J.; Campbell, S.E.; Garnham, A.P. (2000). Preexercise carbohydrate ingestion, glucose kinetics, and muscle glycogen use: effect of the glycemic index. *J. Appl. Physiol.*, 89, 1845-1851.
26. Febbraio, M.A.; Stewart, K.L. (1996). CHO feeding before prolonged exercise: effect of glycemic index on muscle glycogenolysis and exercise performance. *J. Appl. Physiol.*, 81, 1115-1120.
27. Foster, C.; Costill, D.L.; Fink, W.J. (1979). Effect of pre-exercise feedings on endurance performance. *Med.Sc. Sports Exercise*, 11 (1), 1-5.
28. Gleeson, M.; Maughan, R.J.; Greenhaff, P.L. (1986). Comparison of the effects of preexercise feeding of glucose, glycerol and placebo on endurance performance and fuel homeostasis in man.. *Europ J Appl Physiol*, 55, 645-653.
29. Gozal, D.; Thiriet, P.; Cottet-Emard, J.M.; Wouassi, D.; Bitanga, E.; Geysant, A.; Pequignot, J.M.; Sagnol, M. (1997). Glucose administration before exercise modulates catecholaminergic responses in glycogen-depleted subjects. *J. Appl. Physiol.*, 82, 248-256.
30. Green, H.J.; Jones, S.; Ball-Burnett, M.; Farrance, B.; Ranney, D. (1995). Adaptations in muscle metabolism to prolonged voluntary exercise and training. *J Appl Physiol*, 78, 138-145.

31. Guezennec, C.Y.; Satabin, P.; Duforez, F.; Merino, D.; Peronnet, F.; Koziat, J. (1989). Oxidation of corn starch, glucose, and fructose ingested before exercise. *Med Sci Sports exercise*, 21, 45-50.
32. Halseth, A.E.; Bracy, D.P.; Wasserman, D.H. (1997). Limitations to exercise and maximal insulin-stimulates muscle glucose uptake. *Int. J. Sports. Med.*, 18, 543-548
33. Hargreaves, M. (2001). Pre-exercise nutritional strategies: effects on metabolism and performance. *Can J Appl Physiol*, 26 Suppl, S64-S70.
34. Hargreaves, M. (2001). Pré-exercise nutritional strategies: effects on metabolism and performance. *Can. J. Appl. Physiol.*, 26 Suppl, S64-S74.
35. Hargreaves, M.; Costill, D.L.; Fink, W.J.; King, D.S.; Fielding, R.A. (1987). Effect of preexercise carbohydrate feedings on endurance cycling performance. *Med.Sc. Sports Exercise*, 19 (1), 33-36.
36. Hargreaves, M.; Costill, D.L.; Katz, A.; Fink, W.J. (1985). Effects of fructose ingestion on muscle glycogen usage during exercise. *Med Sci Sports Exercise*, 17, 360-363.
37. Hargreaves, M.; Hawley, J.A.; Jeukendrup, A. (2004). Pre-exercise carbohydrate and fat ingestion: effects on metabolism and performance. *J Sports Sciences*, 22, 31-38.
38. Hargreaves, M.; Kiens, B.; Richter, E.A. (1987). Substrate utilization and enzymes in skeletal muscle of extremely endurance-trained men. *J Sports Sciences*, 6, 79-83.
39. Hawley, J.A.; Schabort, E.J.; Noakes, T.D.; Dennis, S.C. (1997). Carbohydrate-loading and exercise performance. *Sports Medicine*, 24(2), 73-81.
40. Hickson, R.C.; Rennie, M.J.; Conlec, R.K.; Winder, W.W.; Holloszy, J.O. (1977). Effect of increased plasma fatty acids on glycogen utilization and endurance. *J. Appl. Physiol.*, 42, 829-833.
41. Hirvonen, J.; Rehunen, S.; Rusko, H.; M Härkönen, M. (1987). Breakdown of high-energy phosphate components and lactate accumulation during short supramaximal exercise. *European J Appl Physiol*, 56, 253-259.

42. Horowitz, J.F.; Coyle, E.F. (1993). Metabolic responses to preexercise meals containing various carbohydrates and fat. *Am J Clin Nutr*, 58, 235-241.
43. Horowitz, J.F.; Mora-Rodriguez, R.; Beyrley, L.O.; Coyle, E.F. (1999). Substrate metabolism when subjects are fed carbohydrate during exercise. *Am J Physiol*, 276, E828-E835.
44. Horowitz, J.F.; Mora-Rodriguez, R.; Beyrley, L.O.; Coyle, E.F. (1997). Lipolytic suppression following carbohydrate ingestion limits fat oxidation during exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 36, E768-E775.
45. Hultman, E.; Bergstrom, J.; Anderson, N.M. (1967). Breakdown and resynthesis of phosphocreatine and adenosine triphosphate in connection with muscular work in man. *Scand J Clin and Laboratory Investigation* 19, 56-66.
46. Hultman, E.; Spriet, L.L.; Söderlund, K. (1987). Energy metabolism and fatigue in working muscle. In: *Exercise: Benefits, Limits and Adaptation*, 63-80, E & F.N. Spon, London.
47. Jansson, E.; Kaijser, L. (1987). Substrate utilization and enzymes in skeletal muscle of extremely endurance-trained men. *J Appl Physiol*, 62, 999-1005.
48. Jentjens, R.L.; Cale, C.; Gutch, C.; Jeukendrup, A.E. (2003). Effects of pre-exercise ingestion of differing amounts of carbohydrate on subsequent metabolism and cycling performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* 88 (4-5), 444-452.
49. Jentjens, R.L.; Jeukendrup, A.E. (2002). Prevalence of hypoglycaemia following pre-exercise carbohydrate ingestion is not accompanied by higher insulin sensitivity. *Int. J. Sport Nutr. Exercise Metab.*, 12 (4), 398-413.
50. Jeukendrup, E.A.; Anton, J.M.; Wagenmakers, J.; Steger, H.; Gijzen, A.P.; Brouns, F.; Saris, W.H. (1999). Carbohydrate ingestion can completely suppress endogenous glucose production during exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 276, E672-E683.

51. Karlsson, J.; Saltin, B. (1971). Diet, muscle glycogen, and endurance performance. *J. Appl. Physiol.*, 31 (2), 203-206. 15
52. Kirwan, J.P.; Bourey, R.E.; Kohrt, W.M.; Slaten, M.A.; Holloszy, J.O. (1990). Effects of treadmill exercise to exhaustion on the insulin response to hyperglycemia in untrained men. *Can J Appl Physiol*, 9 (3), 265-269.
53. Kirwan, J.P.; Cyr-Campbell, D.; Campbell, W.W.; Scheiber, J.; Evans, W.J. (2001). Effects of moderate and high glycemic index meal on metabolism and exercise performance. *Metabolism*, 50 (7), 849-855.
54. Kirwan, J.P.; Gorman, D.; Evans, W.J. (1998). A moderate glycemic meal before endurance exercise can enhance performance. *J Appl Physiol*, 84, 53-59.
55. Kirwan, J.P.; O’Gorman, D.; Evans, W.J. (1998). A moderate glycemic meal before endurance exercise can enhance performance. *J. Appl. Physiol.*, 84, 53-58.
56. Koivisto, V.A.; Harkonen, M.; Karonen, S.L.; Groop, P.H.; Elovainio, R.; Ferrannini, E.; Sacca, L.; Defronzo, R.A. (1985). Glycogen depletion during prolonged exercise: influence of glucose, fructose or placebo. *J. Appl. Physiol.*, 58, 731-737.
57. Koivisto, V.A.; Karonen, S.L.; Nikkila, E.A. (1981). Carbohydrate ingestion before exercise: comparison of glucose, fructose and sweet placebo. *J. Appl. Physiol.*, 51, 783-787.
58. Kuipers, H.; Fransen, E.J.; Keizer, H.A. (1999). Pre-exercise ingestion of carbohydrate and transient hypoglycaemia during exercise. *Int. J. Sports Med*, 20 (4), 227-231.
59. Lambert, E.V.; Hawley, J.A.; Gordecke, J.; Noakes, T.D.; Dennis, S.C. (1997). Nutritional strategies for promoting fat utilization and delaying the onset of fatigue during prolonged exercise. *Journal of Sports Sciences*, 15, 315-324.
60. Levine, L.; Evans, W.J.; Cadarette, B.S.; Fisher, E.C.; Bullen, B.A. (1983). Fructose and glucose ingestion and muscle glycogen use during submaximal exercise. *J Appl Physiol.*, 55, 1767-1771.

61. MacLaren, D.P.; Reilly, T.; Campbell, I.T.; Frayn, K.N. (1994). Hormonal and metabolic responses to glucose and maltodextrine ingestion with or without the addition of guar gum. *Int J Sports Med*, 15, 466-471.
62. Maughan, R.J., Burke, L.M. (2002). Fuel used in exercise: carbohydrate and fat. In: *Handbook of Sports Medicine and Sciences*. IOC Medical Commission Publication, Oxford.
63. Mendosa, J. (2002). List of glycemic indexes.. Disponível em: www.mendosa.com/glists.htm. 101
64. Montain, S.J.; Hopper, M.K.; Coggan, A.R.; Coyle, E.F. (1991). Exercise metabolism at different time intervals after a meal. *J. Appl. Physiol.*, 70, 882-888.
65. Moseley, L.; Lancaster, G.I.; Jeukendrup, A.E. (2003). Effects of timing of pre-exercise ingestion of carbohydrate on subsequent metabolism and cycling performance. *Europ J Appl Physiol*, 88, 453-458.
66. Neuffer, P.D.; Costill, D.L.; Flynn, M.G.; Kirwan, J.P.; Mitchell, J.B.; Houward, J. (1987). Improvements in exercise performance: effects of carbohydrate feedings and diet. *J. Appl. Physiol.*, 62, 983-988.
67. Nishibata, I.; Sadamoto, T.; Mutoh, Y.; Miyashita, M. (1993). Glucose ingestion before and during exercise does not enhance performance of daily repeated endurance exercise. *European Journal of Applied Physiology Occupational Physiology*, 66 (1), 65-69.
68. Parkin, J.M.; Carey, M.F.; Martin, I.K.; Stojanovska, L.; Febbraio, M.A. (1996). Muscle glycogen storage following prolonged exercise: effect of timing of ingestion of high glycemic index food. *Med Sc Sports and Exercise*, 35, 220-224.
69. Paul, D.; Jacobs, K.A.; Geor, R.J.; Hinchaliff, K.W. (2003). No effect of preexercise meal on substrate metabolism and in trial performance during intense endurance exercise. *International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism*, 13 (4), 489-503.
70. Ploug, T.; Galbo, H.; Vinten, J.; Jargensen, M.; Richter, E.A. (1987). Kinetics of glucose transport in rat muscle: effects of insulin and contractions. *Am J Physiology*, 253, E12-E20.

71. Randle, P.J.; Gardland, P.B.; Hales, C.N.; Newsholme, E.A. (1963). The glucose fatty-acid cycle: its role in insulin sensitivity and metabolic disturbances of diabetes mellitus. *Lancet*, 1, 785-789.
72. Rauch, L.H.; Bosch, A.N.; Nockes, T.D.; Dennis, S.C.; Hawley, J.A. (1995). Fuel utilisation during prolonged low-to-moderate intensity exercise when ingesting water or carbohydrate. *Pflugers Archives*, 430 (6), 971-977.
73. Richter, E.A. (1996). Glucose utilization. In: *Handbook of physiology – regulation and integration of multiple systems*, 912-951. Oxford University Press. New York.
74. Romijn, J.A.; Coyle, E.F.; Sidossis, L.S.; Rosenblatt, J.; Wolfe, R.R. (2000). Substrate metabolism during different exercise intensities in endurance-trained woman. *J Appl Physiol*, 88, 1707-1714.
75. Santos, J.R. (1992). *Bioenergética do exercício. Apontamentos de apoio à cadeira de metodologia do atletismo*. FCDEF. Porto.
76. Santos, J.R. (1995). *A dietética do desportista*. Edição da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade do Porto.
77. Schabert, E.J.; Bosch, A.N.; Weltan, S.M.; Nockes, T.D. (1999). The effect of a preexercise meal on time to fatigue during prolonged cycling exercise. *Med. Sc. Sports Exercise*, 31 (3), 464-471.
78. Schenk, S.; Davidson, C.J.; Wzderic, T.; Byerley, L.O.; Coyle, E.F. (2003). Different glycemic indexes of breakfast cereals are not due to glucose entry into blood but to glucose removal by tissue¹⁻³. *J Sports Sciences*, 6, 79-83.
79. Seeley, R.R.; Stephens T.D.; Tate, P. (1997). *Anatomia e fisiologia (3ª Edição)* Lisboa. Lusodidacta.
80. Sherman, W.M.; Brodowirz, G.; Wright, D.A.; Allen, W.K.; Simonsen, J.; Dernbach, A. (1989). Effects of 4h preexercise carbohydrate feedings on cycling performance. *Med. Sc. Sports Exercise*, 21 (5), 598-604.
81. Sherman, W.M.; Peden, M.C.; Wright, D.A. (1991). Carbohydrate feedings 1 hour before exercise improves cycling performance. *Am. J. of Cl. Nut.*, 54, 866-870.

82. Sidosis, L.S. (1998). The role of glucose in the regulation of substrate interaction during exercise. *Can J Appl Physiol*, 23 (6), 558-569.
83. Sparks, M.J.; Selig, S.E.; Febbraio, M.A. (1998). Pre-exercise carbohydrate ingestion: effect of the glycemic index on endurance exercise performance. *Med Sci Sports and Exercise*, 30, 844-849.
84. Taylor, D.L. (1983). Hypoglycemia: physiology, signs and symptoms. *Nursing*, 13 (3), 44-46.
85. Thomas, B.P; Taylor, R.; Mason, G. F.; Rothman, D.L.; Shulman, G.I.; Shulman, R.G. (1994). Turnover of human muscle glycogen with low-intensity exercise. *Med Sc in Sports and Exercise*, 26(8), 983-989.
86. Thomas, D.E.; Brotherhood, J.R.; Brand, J.C. (1991). Carbohydrate feeding before exercise: effect of glycemic index. *Int. J. of Sports Medicine*, 12, 180-186.
87. Tsintzas, O.K; Williams, C.; Wilson, W.; Burrin, J. (1996). Influence of carbohydrate supplementation early in exercise on endurance running capacity. *Am J Physiol*, 270, E197-E201.
88. Tucott, L.P.; Richter, E.A.; Kiens, B. (1992). Increased plasma FFA uptake and oxidation during prolonged exercise in trained vs untrained humans. *Am J Physiol*, 262, E791-E799
89. Van Zant, R.S.; Lemon, P.W. (1989). Preexercise sugar feeding does not alter prolonged exercise muscle glycogen or protein catabolism. *Med. Sc. Sport Exercise*, 21 (5), 598-604.
90. Wojtaszewski, J.F.; Richter, E.A. (1998). Glucose utilization during exercise: influence of endurance training. *Acta Physiol Scand*, 162, 351-358.
91. Wright, D.A.; Sherman, W.M.; Dernbach, A.R.(1991). Carbohydrate feedings before, during, or in combination improve cycling endurance performance. *J Appl Physiol*, 71, 1082-1088.
92. Zderic, T.W.; Schenk, S.; Davidson, C.J.; Beyrley, L.O.; Coyle, E.F. (2004). Manipulation of dietary carbohydrate and muscle glycogen affects glucose uptake during exercise when fat oxidation is impaired by

β -adrenergic blockade. Am J Physiol Endocrinol Metab, 287, E1195-E1201.