

UNIVERSIDADE DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA

**EFEITOS DO TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA
INTENSIDADE VS. TREINAMENTO INTERVALADO DE SPRINT
SOBRE O CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO: UMA REVISÃO
SISTEMÁTICA E META-ANÁLISE**

CAMPINAS

2017

Silas Gabriel de Oliveira Nunes

**EFEITOS DO TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA
INTENSIDADE VS. TREINAMENTO INTERVALADO DE SPRINT
SOBRE O CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO: UMA REVISÃO
SISTEMÁTICA E META-ANÁLISE**

Trabalho apresentado como pré requisito para a conclusão do curso de graduação em Educação Física orientado pela Docente Profa. Dra..Mara Patricia Chacon Mikahil, e co-orientação do Prof. Me. Alex Castro.

Campinas- SP

2017

AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo que existe de valoroso na vida.

Aos meus pais, avós e irmão pelo apoio incondicional.

Aos meus amigos por me ouvirem e fortalecerem.

A minha orientadora Mara Patricia pela instrução.

Ao meu professor Alex Castro pelos ensinamentos.

A minha professora Amanda Veiga pela prontidão a ajudar.

A Faculdade de Educação Física da UNICAMP pelas oportunidades e ensino recebidos.

RESUMO

O treinamento intervalado é um método de treino muito utilizado por treinadores historicamente, pois proporciona a possibilidade de atingir intensidades elevadas, o que tem sido relacionado com ganho no $VO_2\text{max}$ e no rendimento. Evidências tem demonstrado que o treinamento intervalado de alta intensidade, do inglês High Intensity interval training (HIIT), atua sobre as células musculares quebrando a homeostase de forma mais agressiva levando a reações que suscitam na melhora da respiração celular, bem como adaptações no sistema cardiovascular. Este método possui uma infinidade de adaptações possíveis tais como mudança do tempo de estímulo e da intensidade. Desta forma o objetivo deste trabalho é o de investigar a influência do tempo de estímulo sobre o $VO_2\text{max}$. Metodologia: foram realizadas pesquisas em três bases de dados: PubMed, Scopus e Web of science, com termos chaves, dentre elas estão: high intensity interval trainig; high intensity interval exercise; high intensity interval aerobic; interval training; sprint interval training. Os resultados obtidos mostraram que o treinamento HIIT é uma boa estratégia para incrementar o $VO_2\text{max}$. As comparações entre HIIT e SIT foram inconclusivas.

Palavras chaves: HIIT; SIT; Tempo de estímulo; $VO_2\text{max}$.

ABSTRACT

The interval training is a method of training very usuly to couches along of history, because HIIT provides the possibility to reach high intensities and has been relacioned with imporves the VO₂max and performance. Evidences has proven to high intensity interval training (HIIT) act on much agresive leading to reaction raising in improve of cellular respiration, and adaptatons on sistem cardiovascular. This method has some infinities adaptatons possible in variables of time and intensity. The aim this study is investigate the influences of duration repetitions. Method: research was make in three date bases: PubMed, Scopus and Web of Science, with kind terms: high intensity interval trainig; high intensity interval exercise; high intensity interval aerobic; interval training; sprint interval training. The results obtained was that HIIT is one good strategy to improved VO₂max. Comparisons bwetween HIIT and SIT was inconclusives.

Kinds word: HIIT; SIT; Time of stimulus; VO₂max.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	6
OBJETIVO GERAL.....	10
METODOLOGIA.....	11
Estratégia de busca.....	11
Critérios de inclusão e exclusão.....	11
Perfil dos estudos.....	11
Perfil dos participantes.....	12
Protocolos.....	12
Estudos Inclusos.....	12
Extração dos Dados.....	13
Avaliação da qualidade e do viés	13
Escolha do modelo e análise da heterogeneidade.....	13
Análise dos dados.....	14
RESULTADOS.....	15
DISCUSSÃO.....	16
CONCLUSÃO.....	22
GRAFICOS.....	19
REFERÊNCIAS.....	23
ANEXOS.....	28

1. INTRODUÇÃO

O treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) tem se demonstrado um meio eficiente para a melhora da aptidão cardiorespiratória sendo considerado uma estratégia que otimiza o tempo empenhado em realizar atividades físicas causando adaptações mais notórias quando comparado ao método de treinamento contínuo (HELGERUD et al., 2007; SMITH, 2008).

Tal estratégia é muito utilizada pelos treinadores, que historicamente foram os responsáveis pela criação e alterações desta modalidade de treino, que já é aplicada em atletas de corrida a muito tempo. Neste sentido o HIIT proporciona aos atletas as condições propícias para que treinem acima do ritmo de competição e aumentem seu ritmo de prova (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013).

Assim surgem diversas variações desse método, que visam condicionar o praticante de esportes para a sua modalidade. Alguns exemplos são: o HIIT com mudança de direção; o chamado small sided games, que simula lances de jogo em uma intensidade maior e com intervalos de recuperação; protocolos adaptados para perda de gordura corporal dentre outros (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013). Incluso a estas variações está o treinamento intervalado de sprints (SIT).

Segundo Buchheit e Laursen (2013) HIIT abarca exercícios intervalados de alta intensidade, enquanto SIT é uma das formas de HIIT que envolve esforços máximos por um período de tempo menor, até 45 segundos.

A prescrição do treinamento HIIT deve ser feita modulando nove variáveis: o tempo de duração e intensidade de cada série, a modalidade a ser realizada como exercício (remo, corrida, esporte coletivo), duração e intensidade do descanso, duração da sessão, número de repetições e, se for o caso, quantas repetições de estímulos há em cada série, e o tempo de descanso entre o início de uma série de repetições e outra (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013).

Dentre as prescrições de intensidades mais utilizadas estão: o tempo para a exaustão, que é calculado a partir da velocidade atingida ao se alcançarem o VO_2max (vVO_2max); realizando um teste até a exaustão com esta velocidade ($Tlim$); as medidas

de $v\text{VO}_2\text{max}$ também são bastante utilizadas bem como o VO_2max e a frequência cardíaca (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013). Esses parâmetros são utilizados também nos estudos que relacionam o alcance e manutenção de determinadas intensidades com o condicionamento cardiorespiratório (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013; MATSUO et al., 2014).

Uma das evidências existentes sobre a eficácia de treinos em alta intensidade é a chamada “zona vermelha”, esta corresponde a 90% da velocidade do VO_2max , ou seja, existe um intervalo ótimo de ganhos dado pelo VO_2max para ocasionar adaptações com mais eficiência, segundo essa teoria deve-se programar os treinos para que permaneçam a maior parte do tempo dentro dessa carga (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013).

Considerando uma sessão de treinamento intervalado, as séries de estímulos em alta intensidade podem facilmente elevar o consumo de oxigênio a valores próximos ao VO_2max , e do chamado componente lento do consumo de oxigênio (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013).

Deste ponto de vista protocolos que mantenham os estímulos de alta intensidade por um período maior, mantendo o consumo de oxigênio elevado acima de 90% do VO_2max seriam mais eficientes. Mas qual seria o tempo necessário para elevar o consumo de oxigênio até estes valores? E por quanto tempo manter esse consumo para obter as adaptações sobre o VO_2max ? Estas ainda são questões inconclusivas na literatura.

Alguns trabalhos tem demonstrado que tempos de estímulo mais longos, acima de trinta segundos, são significativamente mais agressivos, demonstrou maior eficiência para o aumento do VO_2max devido as adaptações orgânicas mais acentuadas (HELGERUD et al., 2007; MATSUO et al., 2014)

O HIIT de longa duração também requisita fibras musculares do tipo 2, recrutando um maior número de unidades motoras durante o exercício. Um maior recrutamento muscular eleva o nível de metabólitos no sangue e nos músculos, e o estresse causado levará a diversas sinalizações no sentido de preparar o organismo para

suportar o esforço e produzir energia sob estas condições (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013; DIPIETRO; FERRETI, 1999; SMITH, 2008).

Mas o treinamento com estímulos mais curtos, abaixo de 45 segundos, oferecem adaptações semelhantes e em alguns casos até superiores sobre o VO_2 max do que séries mais longas. O treinamento intervalado de sprints é conhecido por diversas nomenclaturas tais como: sprint interval training, repeated sprint abilit, Wingate protocol dentre outras (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013; KILLPATRICK; JUNG; LITTLE, 2014).

As razões para que essa modalidade (SIT) seja vista como uma estratégia eficiente está no aumento de consumo de oxigênio pós treino (EPOC), a quebra da omeostase de forma abrupta e intensa, e também alterações como aumento de catecolaminas e do hormônio GH e diminuição da insulina pós treino (PEAKE et al., 2014; TURKEY; ANGDI; GAESSER, 2016).

Em geral a ação do treinamento HIIT está ligada ao dispêndio de energia e do consumo de oxigênio, que em intensidades mais altas e menor duração atingem valores semelhantes aos de uma sessão do tradicional moderado contínuo em 40 minutos. O potencial do HIIT para elevar gasto calórico somada a vigorosa contração muscular causa desequilíbrios na homeostase, desencadeando processos que a nível celular resultam no aumento de fatores de transcrição levando ao aumento de mitocôndrias e dos componentes da cadeia respiratória (BURGOMASTER et al., 2008; DIPRAMPERO; FERRATI, 1999; SMITH, 2008).

O aumento da PGC-1 α por exemplo é um dos motivos a levar ao aumento de mitocôndrias e de conteúdo mitocondrial. Seu aumento é ligado a fatores extressores dentre eles os estímulos causados pelos exercícios (HELGERUD et al., 2007;). Após uma sessão de treinamento intervalado (HIIT e SIT) a síntese de proteínas que compoem os complexos mitocondriais, cintocromo c oxidase (COX) é aumentada em modelo animal e em humanos (FALLAHI et al., 2016; NIKLAS et al., 2010).

Algumas adaptações sobre hematócritos bem como da eficiência do bombeamento do coração e função endotelial dos vasos, também foram notadas em resposta ao treinamento HIIT, o que influencia diretamente na distribuição do oxigênio

para os tecidos e como consequência no $VO_2\text{max}$ (CIOLAC, 2012; HELGERUD et al., 2007).

A prática do treinamento intervalado tem grande potencial para agir sobre o $VO_2\text{max}$ e outras variáveis e por isso a sua prática tem sido crescente e indicada para diversos públicos visando o condicionamento físico para o rendimento ou melhora da saúde física (ADAMS, 2013; RAMOS et al., 2015; WISLOFF; ELLIGSEN; KEMI, 2009). Desta forma entendê-lo pode ser de grande valia para a atuação de profissionais no âmbito do treinamento e do condicionamento físico.

Este trabalho buscará dar um passo em direção ao entendimento da modulação da intensidade e recuperação dos esforços durante a prescrição de diferentes formas de treinamento intervalado, como meio para aumentar o $VO_2\text{max}$.

2. OBJETIVO

Investigar os efeitos do HIIT vs. SIT sobre o $VO_2\text{max}$, por meio de uma revisão sistemática e meta-análise.

3. METODOLOGIA

4.1 Estratégia de busca

Foram realizadas buscas em três bases de dados (PubMed, Scopus e Web of science) com os seguintes termos chaves: Para protocolo: high intensity interval training; high intensity interval exercise; high intensity interval aerobic; interval training; sprint interval training; high intensity intervals; repeat sprint training; high intensity intermittent exercise; repeated sprint exercise; high intensity intermittent exercise; aerobic interval training. Para denominar duração do estímulo: exercise dose; short extent; long extent; long time; short time; long volume; short volume; long volume. Para a seleção daqueles trabalhos com avaliação do VO₂max: maximal oxygen uptake; peak oxygen uptake; cardiorespiratory fitness; VO₂max.

A partir dessas buscas realizou-se dois caminhos de triagem compondo assim duas análises diferentes. Na primeira buscou-se selecionar estudos contendo protocolos HIIT e SIT, enquanto que na segunda foram coletados artigos que continham HIIT e/ou SIT e que tivessem grupo controle. Os trabalhos foram avaliados quanto a qualidade pela escala de Pedro que, assim como as triagens, foram realizadas por dois avaliadores.

Para complemento do número de estudos inclusos, também foi realizado busca manual através da consulta de referências encontradas ao longo da pesquisa. Esta metanálise foi construída de acordo com as normas do (PRISMA) Preferred Reporting Items for Systematic and Meta- Analyses (MOHER et al., 2009).

4.1 Critérios de Inclusão e de Exclusão

a. Perfil de estudos

Foram incluídos nesta meta-análise estudos escritos em inglês, comparando treinamento HIIT e SIT, controlados e não controlados, e também aqueles contendo um dos protocolos e o grupos controle para a segunda análise. Estudos que não obtiveram scores acima de 5 na escala de Pedro (Anexo A) e que não continham a metodologia e os resultados, foram excluídos, assim como aqueles conduzidos em animais.

b. Perfil dos Participantes

Os sujeitos dos estudos tinham idade entre dezoito e cinquenta anos, com os seguintes níveis de atividade física: não ativos, ativos, recreacionais e moderadamente treinados. Trabalhos em que foram incluídos obesos, indivíduos com doenças crônicas não transmissíveis ou qualquer outro tipo de enfermidade que poderia interferir nos resultados ou nas coletas do $VO_2\text{max}$, não foram analisados.

c. Protocolos

Foram selecionados estudos com intervenções com duração de pelo menos duas semanas, com a frequência semanal de no mínimo dois dias. Entre as coletas feitas deveria constar as medições de $VO_2\text{max}$, sendo que estas deveriam acontecer antes e após o período de intervenção. Os sujeitos das pesquisas deveriam estar distribuídos nos grupos HIIT, SIT e, para aqueles incluídos na segunda análise, grupo controle.

Foram considerados como SIT os exercícios realizados com estímulos até 60 segundos em intensidade próxima da máxima, máxima ou acima da máxima (<80 % da intensidade máxima) de acordo com as diversas formas de avaliação e prescrição da intensidade (PPO, V_{max} , $VO_2\text{max}$, FC). Já os treinos HIIT foram realizados acima de 60 segundos até cinco minutos, em intensidades iguais as descritas para SIT. Estudos com treino de força acontecendo conjuntamente, e modalidades de HIIT praticadas que não fossem corrida ou sobre um ciclo ergômetro foram excluídos. A variável que fora estudada foi o $VO_2\text{max}$.

4.2 Estudos incluídos

A partir da busca foram identificados 1313 estudos potenciais para entrar nas análises. Ao final das triagens sobraram 25 estudos que comparavam algum tipo de HIIT ou SIT com grupo controle e foram incluídos manualmente mais 6 estudos. Com a retirada dos duplicados sobraram 1269 artigos, que foram analisados por título e resumo restando 527 estudos que foram verificados pela leitura completa do manuscrito. Deste montante foram analisados 25 estudos (Anexos B).

As triagens para estudos comparando HIIT e SIT foram feitas a partir da mesma busca feita para a comparação HIIT ou SIT comparados ao grupo controle.

Sendo assim, inicialmente 1313 estudos foram analisados somados a mais 2 estudos incluídos manualmente, após foram retirados os estudos repetidos sobrando 1265, após foi feita a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão por título e resumo restando 56 artigos que foram avaliados por texto inteiro restando 10 estudos para a análise, após a retirada de outros três pela falta do texto completo e a não respostas dos respectivos autores quando contatados (Anexo C).

4.3 Extração dos dados

A extração dos dados foi realizada manualmente, e foram coletadas as características da população selecionada tais como idade, sexo, altura, peso, estilo de vida, saúde e o VO_2 max ou pico. Em estudos onde os artigos, ou dados não estavam disponíveis os autores foram contatados através de um e-mail pedindo pelos artigos completos.

4.6. Avaliação da qualidade e da publicação de viés

Para avaliar a qualidade dos estudos individualmente foi utilizada a escala de Pedro aplicada por dois avaliadores, considerou-se elegível estudos com scores acima de 5 (Anexo A). O testes de Egger's, e a análise visual do funnil plot foram as formas usadas para avaliar a publicação de viés (RODRIGUES, 2016; STERNE et al., 2011; SANTOS; CUNHA, 2016).

4.6. Escolha do modelo e análise da heterogeneidade

A escolha do modelo foi feita através da observação da heterogeneidade entre os estudos e para isso os testes I- quadrado e valores de Q e P foram tomados como parâmetros para essa decisão, o teste de Q de Cochran testa a hipótese de que os estudos inclusos são homogêneos sendo os valores próximos a 0 (zero) indicativo desta homogeneidade, já o I- quadrado calcula a heterogeneidade a partir do teste Q e do número de estudo inclusos na metanálise, fornecendo valores em porcentagem que quanto maiores indicam maior heterogeneidade entre os estudos (RODRIGUES; ZIEGELMAN, 2010; SANTOS; CUNHA, 2016).

Foram adotados valores de $I > 25\%$, o teste Q foi analisado em conjunto com os valores de $P < 0,05$ como de baixa Heterogeneidade. Quando encontrada heterogeneidade entre os estudos seria adotado o modelo randomizado para o tratamento dos dados, quando o valor dos testes indicassem baixa heterogeneidade o

modelo fixo seria a forma de tratamento escolhida (RODRIGUES; ZIEGELMAN, 2010; SANTOS; CUNHA, 2016).

4. 7. Análise dos dados

As análises dos dados foram feitas usando o software Comprehensive Meta-Analysis versão 3 para Windows. Os resultados foram apresentados por medidas da diferença do tamanho do efeito (TE) de cada protocolo comparado calculadas sobre a mudança do VO₂max ou VO₂pico em ml/kg/min ou em L/min, pré e pós a intervenção. A avaliação dos efeitos foi feita através do gráfico forest plot representando os resultados das diferenças padronizadas e intervalos com 95% (IC 95%) de confiança (RODRIGUES; ZIEGELMANN, 2010; SANTOS; CUNHA, 2016). O critério de significância adotado foi de 5% ($P < 0,05$); os dados foram tratados adotando a o modelo fixo, com uma correlação pré e pós de 0,05.

5. RESULTADOS

Na análise de publicação de viés pelo funnel plot não houve grande assimetria indicando publicação de viés insignificante o que foi confirmado pelo teste de Egger (HIIT vs SIT, P. 0,65; HIIT vs Controle, P= 0,084). Os estudos inclusos obtiveram um escore mínimo de 5 pontos na escala de pedro (Grafico 1).

Os valores dos testes para heterogeneidade aplicados na comparação HIIT vs SIT não demonstraram heterogeneidade ($I^2= 0,001$; $Q= 5, 69$; $P= 0, 99$), o que se repetiu na análise HIIT vs Controle ($I^2= 0, 0001$; $Q=12, 93$; $P= 0,77$).

HIIT vs SIT

As comparações entre os protocolos HIIT e SIT incluíram 10 estudos. Com respeito ao aumento de VO_2max , não houve diferenças significativas entre os protocolos, havendo uma pequena tendencia de efeito para HIIT (TE= 0,215 IC 95% = 0,046 e 0,476; P= 0,106). Apenas um dos estudos inclusos não cruzou a linha da diferença nula entre os efeitos.

HIIT vs Controle

A análise de HIIT vs Controle foram incluídos 25 estudos (11 contendo HIIT e 20 contendo SIT), sendo alguns deles analisados para mais de um grupo contido no estudo. A análise do subgrupo HIIT mostrou efeito a favor deste tratamento quando comparado com o grupo controle. (TE= 0, 646 IC 95% = 0,409 e 0,884; P =0,0001). Também houve efeito a favor do grupo SIT TE= 0, 447, IC 95% = 0,250 e 0,644 P= 0,0001(Figura 3).

A média ponderada das diferenças entre as médias dos efeitos foram significantes quando comparado HIIT (incluindo SIT) e grupo controle (TE= 0, 528 IC 95%= 0, 377 e 0,680; P= 0,0001)

6. DISCUSSÃO

A comparação entre HIIT e SIT fora inconclusivas, com a média dos estudos mostrando uma tendência de maior efeito para HIIT mas cruzando o valor 0 (zero) . A falta de poder estatístico para que se chegasse a uma conclusão pode ser explicada pelo número pouco expressivo de estudos na meta- análise (Gráfico 2).

Individualmente apenas o estudo do Astorino e Schubert (2014) não cruzou a linha vertical, e obteve um valor significativo para afirmar seu achado . Cinco dos estudos mostraram tendência de maior efeito para HIIT enquanto que a outra parcela de trabalhos mostraram o mesmo a favor de SIT.

O fato dos trabalhos individualmente apresentarem pouco poder estatístico talvez se deva ao pequeno número de participantes inclusos. Astorino e Schubert contaram com 40 participantes em seu experimento e demonstrou maior poder estatístico, enquanto que na maioria dos demais estudos os grupos que sofreram a intervenção contavam com números menores de indivíduos normalmente entre 14 a 7 por grupo.

Desta forma é necessário que mais estudos comparando ambos protocolos sejam realizados com número de participantes suficientes para que os resultados sejam mais consistentes. Alguns dos estudos demonstraram diferença das médias dos efeitos próximas a zero, ou seja, quase sem superioridade de efeitos para um dos protocolos.

Embora os protocolos apresentem características diferentes ambos agem quase que exclusivamente sobre o metabolismo aeróbio, e mesmo SIT consistindo em séries curtas em altíssima intensidade a partir de três repetições ele também se torna um exercício aeróbio, assim como durante HIIT em intensidade submáxima há consumo de glicogênio muscular e fosfocreatina de forma que a mistura metabólica para ambos é muito parecida (GIBALA, 2006; PAROLIN et al., 1999).

A análise secundária ocorreu entre HIIT (incluindo SIT) e o grupo controle. Para essa comparação realizou-se a análise a partir de subgrupos para que a comparação do efeito de SIT e HIT individualmente sobre o grupo controle fossem confrontadas(Gráfico 3).

A análise do subgrupo HIIT comparado ao grupo controle demonstrou maior média de efeito para o grupo HIIT. Muitos dos estudos individuais cruzaram a linha vertical demonstrando pouco poder estatístico, mas a média ponderada de todos foi o suficiente para haver efeito a favor do treinamento intervalado. O mesmo aconteceu nas análises comparando SIT e CG.

Quando ambos protocolos são colocados em comparação com o grupo controle, o efeito apresenta-se a favor dos protocolos HIIT com resultado significativos. Estes achados confirmam os relatos de diversos estudos sobre a eficiência do treinamento HIIT em aumentar o $VO_2\text{max}$ (BURGOMASTER et al., 2008; MATSUO et al., 2013).

Em metanálise anterior Milanovic; Sporis; Weston (2015) fizeram três comparações, entre HIIT e treinamento contínuo, HIIT e grupo controle e treinamento contínuo e o grupo controle, e encontraram que tanto HIIT como o método contínuo são boas estratégias para melhorar o $VO_2\text{max}$.

Ramos et al., (2015) em outra metanálise comparou HIIT e o treinamento moderado sobre a função vascular e foi demonstrado que ambos treinamentos provocam mudanças na pressão arterial, capacidade cardiovascular, vasodilatação etc. também afirmando a influência do treinamento intervalado sobre o $VO_2\text{max}$.

As melhoras notadas por Ramos et al. (2015) sobre as variáveis cardiorespiratórias, podem estar relacionadas ao fato do treino intervalado causar adaptações de diferentes formas sendo elas metabólicas, cardiovasculares e neuromusculares, atingindo todas as variáveis que afetam o $VO_2\text{max}$ como a captação do oxigênio pelos pulmões, o transporte pelas células sanguíneas e sua utilização pelas células na cadeia respiratória na intermembrana mitocondrial (HELGERUD et al., 2007; MATSUO et al., 2014).

O padrão de recrutamento de fibras e a contração muscular vigorosa durante a atividade é outro fator estimulador de adaptações, ocasionando por exemplo a nível celular o aumento de PGC1- α por meio da AMPk, o que pode desencadear diversas reações que levam ao aumento de mitocôndrias e conteúdo mitocondrial, aumento do gasto energético, β -oxidação etc. Diversos estudos mostram aumento do PGC1- α após

o treinamento HIIT tanto em humanos quanto em modelo animal (BURGOMASTER et al., 2008; LIN; HANDSCHIN; SPIGELMAN, 2005).

As vias para estas adaptações parecem ser as mesmas desencadeadas pelo treinamento tradicional de moderada intensidade por um tempo elevado (GIBALA; GILLEN; PERCIVAL, 2014). Porém o fator extressor causado por HIIT é maior, e eleva a intensidade do treino a zonas mais intensas que possibilitam que as adaptações sobre o VO_2max aconteçam (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013).

Limitações do estudo

Embora a seleção dos estudos tenha sido feita de forma sistematizada para evitar o viés, as pesquisas foram feitas em base de dados específicas não havendo grande exploração da chamada literatura cinzenta, o que foi mais dificultado com o controle de qualidade dos estudos com o uso da escala de pedro (SCHMECKER et al., 2013).

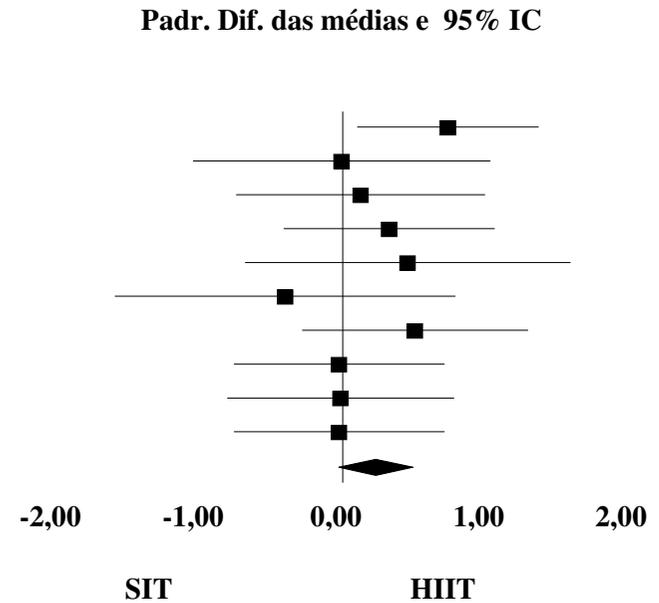
A análise entre HIIT e SIT foi limitada pelo pequeno grupo de estudos selecionados e também pelo número de participantes em cada estudo individualmente, o que se repetiu na comparação entre HIIT e CG.

Também houve a retirada de três estudos que não foram encontrados nas bases de dados os textos completos, e os autores quando contatados não responderam a solicitação de envio dos trabalhos, todos os estudos faziam parte da análise HIIT vs SIT.

Embora os protocolos tenham sido descritos para a duração das séries e intensidade, não houve a seleção por outras variáveis consideradas no treinamento HIIT tais como duração do tempo de descanso, duração das sessões, intensidade do descanso entre as séries dentre outras.

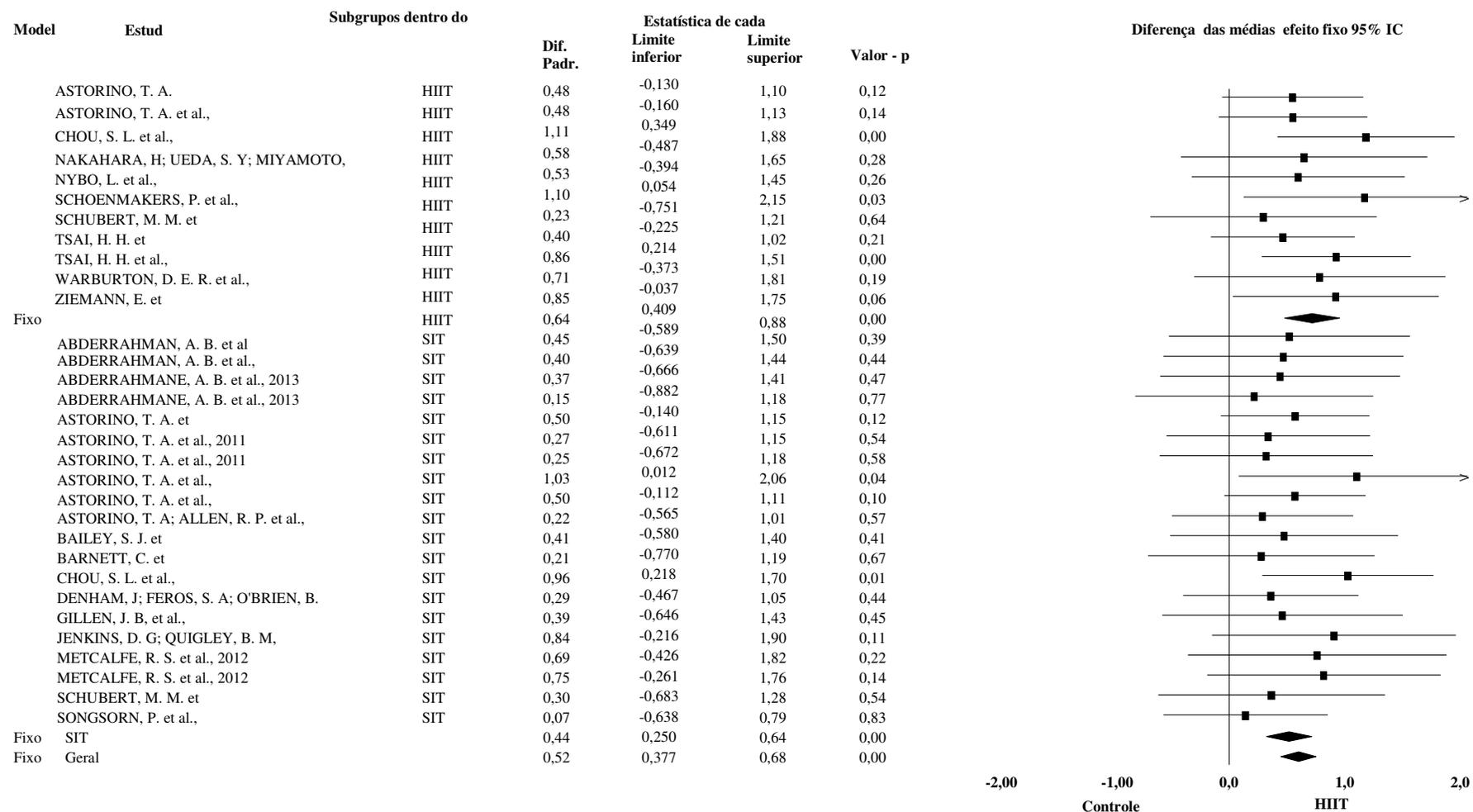
Grafico 2: Forest plot HIIT vs SIT

Estudos	Estatística para cada			Valor-
	Dif. Padr. Médias	Limite inferior	Limite superior	
ASTORINO, T. A; SCHUBERT, M. M, ETXEBARRIA, N et al, 2014.	0,730	0,090	1,370	0,025
HELGERUD, J et al., 2007.	-0,017	-1,064	1,031	0,975
MATSUO, T et al., 2014	0,116	-0,761	0,993	0,796
ESFARJANI, F; LAURSEN, P. B, 2007.	0,317	-0,429	1,062	0,405
OVEREND, T. J. et al.,	0,446	-0,700	1,591	0,446
NORDESJO, L.O., OLLANDER, B., SALTIN, B,	-0,413	-1,613	0,786	0,499
ASTORINO, T. A. et al., 2017.	0,497	-0,300	1,294	0,221
SCHUBERT, M. M. et al.	-0,034	-0,777	0,709	0,928
ASTORINO, T. A. et al,	-0,024	-0,824	0,776	0,953
	-0,034	-0,777	0,709	0,928
	0,215	-0,046	0,476	0,106



Legenda: Dif: Diferença; Padr: padronizada; IC: intervalo de confiança

Gráfico 3: Forest plot HIIT vs Controle



Legenda: Dif: Diferença; Padr: padronizada; IC: intervalo de confiança

7. CONCLUSÃO

Esta metanálise contribui para o entendimento da influência da duração dos estímulos durante o treinamento intervalado sobre os ganhos no VO_{2max} , demonstrando os resultados obtidos em diversos trabalhos que analisaram HIIT, SIT e grupo controle.

Embora a comparação entre HIIT e SIT não tenha tido estudos o suficiente para confirmar os achados encontrados, é notória a tendência de maiores estímulos mantidos em alta intensidade sobre os ganhos no consumo de oxigênio.

Ambos os protocolos são estratégias viáveis para incrementar o VO_{2max} e podem servir como uma ferramenta versátil, compatível com as individualidades de cada indivíduo, mostrando utilidade para condicionar indivíduos.

REFERÊNCIAS

ABDERRAHMAN, Abderraouf Ben, et al. Effects of recovery mode (active vs. passive) on performance during a short high-intensity interval training program: a longitudinal study. *European journal of applied physiology*, 2013.

ABDERRAHMANE, A. B., et al. Recovery (passive vs. active) during interval training and plasma catecholamine responses. *International journal of sports medicine*, 2013.

ASTORINO, Todd A., et al. Change in maximal fat oxidation in response to different regimes of periodized high-intensity interval training (HIIT). *European journal of applied physiology*, 2017.

ASTORINO, Todd A., et al. Effect of high-intensity interval training on cardiovascular function, VO₂max, and muscular force. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2012.

ASTORINO, Todd A., et al. High-intensity interval training increases cardiac output and VO₂max. *Med Sci Sports Exerc*, 2017.

ASTORINO, Todd A., et al. Magnitude and time course of changes in maximal oxygen uptake in response to distinct regimens of chronic interval training in sedentary women. *European journal of applied physiology*, 2013.

ASTORINO, Todd A.; SCHUBERT, Matthew M. Individual responses to completion of short-term and chronic interval training: a retrospective study. *PLoS One*, 2014.

ASTORINO, Todd Anthony, et al. Adaptations to high-intensity training are independent of gender. *European journal of applied physiology*, 2011.

BAILEY, Stephen J., et al. Influence of repeated sprint training on pulmonary O₂ uptake and muscle deoxygenation kinetics in humans. *Journal of Applied Physiology*, 2009.

BARNETT, C., et al. Muscle metabolism during sprint exercise in man: influence of sprint training. *Journal of science and medicine in sport*, 2004.

BUCHHEIT, Martin; LAURSEN, Paul B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. *Sports medicine*, 2013.

BURGOMASTER, Kirsten A., et al. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *The Journal of physiology*, 2008.

CHOU, Szu-Ling, et al. Cycling Exercise Training Alleviates Hypoxia-Impaired Erythrocyte Rheology. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2016.

CIOLAC, Emmanuel G., et al. Effects of high-intensity aerobic interval training vs. moderate exercise on hemodynamic, metabolic and neuro-humoral abnormalities of young normotensive women at high familial risk for hypertension. *Hypertension Research*, 2010.

DENHAM, Joshua; FEROS, Simon A.; O'BRIEN, Brendan J. Four weeks of sprint interval training improves 5-km run performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2015.

DI PRAMPERO, Pietro Enrico; FERRETTI, Guido. The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concepts. *Respiration physiology*, 1999.

ESFARJANI, Fahimeh; LAURSEN, Paul B. Manipulating high-intensity interval training: Effects on, the lactate threshold and 3000m running performance in moderately trained males. *Journal of science and medicine in sport*, 2007.

ETXEBARRIA, Naroa, et al. High-intensity cycle interval training improves cycling and running performance in triathletes. *European journal of sport science*, 2014.

FALLAHI, Ali Asghar, et al. Alteration in cardiac uncoupling proteins and eNOS gene expression following high-intensity interval training in favor of increasing mechanical efficiency. *Iranian journal of basic medical sciences*, 2016.

GIBALA, Martin J.; GILLEN, Jenna B.; PERCIVAL, Michael E. Physiological and health-related adaptations to low-volume interval training: influences of nutrition and sex. *Sports Medicine*, 2014.

GILLEN, Jenna B., et al. Twelve weeks of sprint interval training improves indices of cardiometabolic health similar to traditional endurance training despite a five-fold lower exercise volume and time commitment. *PloS one*, 2016.

HAZELL, Tom J., et al. 10 or 30-s sprint interval training bouts enhance both aerobic and anaerobic performance. *European journal of applied physiology*, 2010.

HELGERUD, Jan, et al. Aerobic high-intensity intervals improve $\dot{V}O_{2\max}$ more than moderate training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2007.

JENKINS, DAVID G.; QUIGLEY, Brian M. The influence of high-intensity exercise training on the Wlim-Tlim relationship. *Medicine and science in sports and exercise*, 1993.

KILPATRICK, Marcus W.; JUNG, Mary E.; LITTLE, Jonathan P. High-intensity interval training: a review of physiological and psychological responses. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 2014.

LIN, Jiandie; HANDSCHIN, Christoph; SPIEGELMAN, Bruce M. Metabolic control through the PGC-1 family of transcription coactivators. *Cell metabolism*, 2005.

MATSUO, Tomoaki, et al. Effects of a low-volume aerobic-type interval exercise on VO₂max and cardiac mass. *Med Sci Sports Exerc*, 2014.

MILANOVIĆ, Zoran; SPORIŠ, Goran; WESTON, Matthew. Effectiveness of high-intensity interval training (HIT) and continuous endurance training for VO₂max improvements: a systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Sports medicine*, 2015.

MOHER, David, et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS medicine*, 2009.

NAKAHARA, Hidehiro; UEDA, Shin-ya; MIYAMOTO, Tadayoshi. Low-frequency severe-intensity interval training improves cardiorespiratory functions. *Medicine and science in sports and exercise*, 2015.

NIKLAS, Psilander, et al. Mitochondrial gene expression in elite cyclists: effects of high-intensity interval exercise. *European journal of applied physiology*, 2010.

NYBO, Lars, et al. High-intensity training versus traditional exercise interventions for promoting health. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2010.

OVEREND, T. J.; PATERSON, D. H.; CUNNINGHAM, D. A. The effect of interval and continuous training on the aerobic parameters. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 1992.

PAROLIN, Michelle L., et al. Regulation of skeletal muscle glycogen phosphorylase and PDH during maximal intermittent exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 1999.

PEAKE, Jonathan M., et al. Metabolic and hormonal responses to isoenergetic high-intensity interval exercise and continuous moderate-intensity exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 2014.

RAMOS, Joyce S., et al. The impact of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on vascular function: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 2015.

RODRIGUES, Caroline Legramanti; ZIEGELMANN, Patricia, Klarmann. Metanálise: um guia prático. 2010.

SANTOS, Eduardo; CUNHA, Madalena. Interpretação crítica dos resultados estatísticos de uma meta-análise: Estratégias metodológicas. *Millenium-Journal of Education, Technologies, and Health*, 2016.

SCHMUCKER, Christine et al. A protocol for a systematic review on the impact of unpublished studies and studies published in the gray literature in meta-analyses. *Systematic reviews*, 2013.

SCHOENMAKERS, Patrick, et al. High intensity interval training in handcycling: The effects of a 7 week training intervention in able-bodied men. *Frontiers in physiology*, 2016.

SCHUBERT, Matthew M., et al. Impact of 4 weeks of interval training on resting metabolic rate, fitness, and health-related outcomes. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 2017.

SMITH, Mark J. Sprint Interval Training-“It’sa HIIT!”. Retrieved 12 15, 2010, from The Official Web Site of The United States Olympic Committee: http://www.teamusa.org/assets/documents/attached_file/filename/15738/Sprint_Interval_Training.pdf, 2008.

SONGSORN, Preeyaphorn, et al. Exercise training comprising of single 20-s cycle sprints does not provide a sufficient stimulus for improving maximal aerobic capacity in sedentary individuals. *European journal of applied physiology*, 2016.

STERNE, Jonathan AC, et al. Research method and reporting-Recommendations for examining and interpreting funnel plot asymmetry in meta-analyses of randomised controlled trials. *BMJ-British Medical Journal*, 2011.

TSAI, Hsing-Hua, et al. Exercise Training Alleviates Hypoxia-induced Mitochondrial Dysfunction in the Lymphocytes of Sedentary Males. *Scientific reports*, 2016.

TSAI, Hsing-Hua, et al. High-intensity Interval training enhances mobilization/functionality of endothelial progenitor cells and depressed shedding of vascular endothelial cells undergoing hypoxia. *European journal of applied physiology*, 2016.

WARBURTON, D. E., et al. Blood volume expansion and cardiorespiratory function: effects of training modality. *Medicine and science in sports and exercise*, 2004.

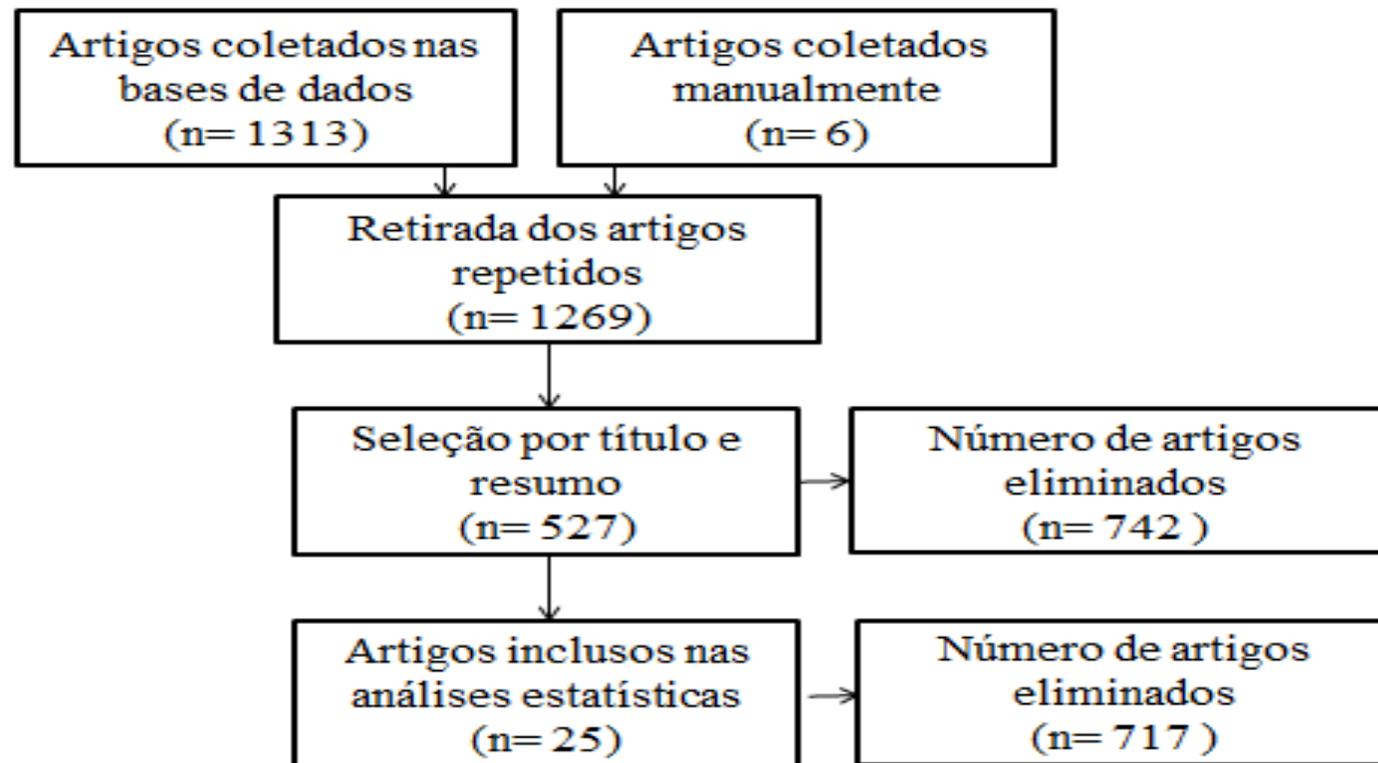
WISLØFF, Ulrik; ELLINGSEN, Øyvind; KEMI, Ole J. High-intensity interval training to maximize cardiac benefits of exercise training?. *Exercise and sport sciences reviews*, 2009.

ZIEMANN, Ewa, et al. Aerobic and anaerobic changes with high-intensity interval training in active college-aged men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2011.

Anexos A : Pedro escala.

Artigos	1- Critérios de elegibilidade	2- Randomizado	3- Alocação secreta	4- Semelhança de prognóstico	5- Sujeitos cegados	6- Avaliadores cegados	7- Medição cega de 2 resultados chave	8- Aderencia maior que 85%	9- Receberam o tratamento	10- Comparação inter-grupos	11- Medidas de precisão e variabilidade	SCORE
ASTORINO T. A; SCHUBERT, M. M, 2014.	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	5
TURNES, T et al., 2016.	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
MATSUO, T et al., 2014.	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	8
HELGERUD, J et al., 2007.	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7
ESFARJANI, F; LAURSEN, P. B, 2007.	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
ASTORINO, T. A et al., 2017.	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	6
OVEREND, T. J; PATERSON, D. H; CUNNINGHAM, D. A, 1992.	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	6
NORDESJO, L.O; OLLANDER, B; SALTIN, B,1973.	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	5
ETXEBARRIA, N et al., 2014.	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	6
SCHUBERT, M. M. et al., 2017.	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7
ASTORINO, T. A et al., 2017.	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	6
DENHAM, J; FEROS, S. A; O'BRIEN, B. J, 2015.	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	5
NYBO, L et al., 2010.	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	5
NAKAHARA, H; UEDA, S.Y; MIYAMOTO, T, 2015	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7
SONGSORN, P et al., 2016.	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7
CIOLAC, E. G et al., 2010.	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	6
ABDERRAHMANE, A. B et al., 2013.	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	6
SCHOENMAKERS, P et al., 2016.	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7
ASTORINO, T. A et al., 2017.	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	6
ASTORINO, T. A et al., 2012.	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
ASTORINO, T. A et al., 2013.	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7
ASTORINO, T. A et al., 2011.	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
CHOU, S. L et al., 2016.	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
JENKINS, D. G; QUIGLEY, B. M, 1993.	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	6
METCALFE, R. S et al., 2012.	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7
TSAI, H. H et al., 2016.	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
TSAI, H. H et al., 2016.	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	6
WARBURTON, D. E. R et al., 2004.	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	6
ZATON, M; MICHALIK, K, 2015.	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7
BARNETT, C et al., 2004.	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	6
HAZELL, T. J et al., 2010.	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	5
BAILEY, S. J. et al., 2009.	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
ZIEMANN, E. et al., 2011.	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7
ABDERRAHMAN, A. B. et al., 2013.	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7
GILLEN, J. B et al., 2016.	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7

Anexo B: Fluxograma HIIT vs Controle



Anexo C: Fluxograma HIIT vs SIT.

