

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA**  
**FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTO**  
**DOUTORADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

**Thiago Ferreira Timoteo**

**A Relação entre Carga de Treinamento e Lesões em Atletas Profissionais de Voleibol do Sexo Masculino: estudo prospectivo durante três temporadas**

Juiz de Fora

2021

**Thiago Ferreira Timoteo**

**A Relação entre Carga de Treinamento e Lesões em Atletas Profissionais de Voleibol do Sexo Masculino: estudo prospectivo durante três temporadas**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física, da Universidade Federal de Juiz de Fora em associação com a Universidade Federal de Viçosa, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Educação Física. Área de concentração: Exercício e Esporte

Orientador: Prof. Dr. Maurício Gattás Bara Filho

Juiz de Fora

2021

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Timoteo, Thiago Ferreira.

A Relação entre Carga de Treinamento e Lesões em Atletas Profissionais de Voleibol do Sexo Masculino : estudo prospectivo durante três temporadas / Thiago Ferreira Timoteo. -- 2021.

89 p. : il.

Orientador: Maurício Gattás Bara Filho

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Universidade Federal de Viçosa, Faculdade de Educação Física. Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2021.

1. carga de treinamento. 2. voleibol. 3. lesões. I. Bara Filho, Maurício Gattás, orient. II. Título.

**Thiago Ferreira Timoteo**

**A Relação entre Carga de Treinamento e Lesões em Atletas Profissionais de Voleibol do Sexo Masculino: estudo prospectivo durante três temporadas**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Educação Física. Área de concentração: Exercício e Esporte

Aprovada em 02 de julho de 2021.

BANCA EXAMINADORA



---

Dr. Maurício Gattás Bara Filho - Orientador  
Universidade Federal de Juiz de Fora



---

Dr. Diogo Carvalho Felício  
Universidade Federal de Juiz de Fora



---

Dr. Fábio Sprada de Menezes  
Universidade do Estado de Santa Catarina



---

Dra. Paula Barreiros Debiem  
Colégio Militar de Belo Horizonte



---

Dr. Paulo Alexandre Vicente dos Santos João  
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Dedico este trabalho ao meu filho Vitor.  
Alguém que ainda não veio ao mundo, mas  
já está presente nos meus pensamentos e  
no meu coração

## AGRADECIMENTO

Finalizar este momento é mais do que obter um título de doutor. Significa o fim de um ciclo que durou sete anos, desde que ingressei no programa de pós-graduação. Olho para trás e percebo que não chegaria aqui sozinho. Muito pelo contrário essa conquista tem a participação de muitas pessoas.

Primeiramente meu agradecimento a Deus por ser uma presença real e por dar sentido a cada momento vivido. Até aqui eu cheguei pois tenho experimentado da sua graça e misericórdia sobre a minha vida.

Aos meus pais, que me fizeram entender a importância da educação e mais do que isso investiram suas vidas para me proporcionar vitórias como essa. Seria impossível chegar até aqui sem o apoio de vocês! Estendo esse agradecimento às minhas irmãs e familiares que acompanharam essa jornada de perto, sempre me dando forças.

A minha esposa Analu que foi a grande incentivadora para que eu voltasse à área acadêmica. Essa foi uma decisão nossa e você abdicou de muito para que eu chegasse até aqui. Essa conquista é tão sua quanto minha!

Mesmo que ele ainda não entenda o que é um doutorado, deixo a menção ao meu filho Henrique. Ele que nasceu no final do meu mestrado só conhece a minha versão “estudante de pós-graduação”. A partir de agora teremos mais tempo para dedicar as brincadeiras deixando as planilhas e artigos em segundo plano.

Minha gratidão ao meu orientador Maurício Bara. Trabalhamos juntos desde os primeiros passos da equipe de vôlei. De estagiário a orientando do mestrado e agora de doutorado tive a grande oportunidade de conviver e aprender com você. Mais que a brilhante orientação acadêmica, aprendi muito com o orientador compreensivo e humano.

Aos meus companheiros de pós-graduação pelos muitos momentos divididos nos últimos anos. Em especial a Paula Debien, parceira de publicações, projetos e conversas que foram essenciais para o produto final.

Ao meu amigo de longa data e professor Diogo Simões pelas incontáveis reuniões para definição das análises estatísticas e outros pontos que só foram possíveis através da sua ajuda.

Meus agradecimentos aos membros da banca avaliadora, professores Diogo Felício, Fabio Sprada e Paulo Vicente. Tive a oportunidade de reunir profissionais por quem tenho grande admiração e que em diferentes momentos dessa caminhada se tornaram referência para mim.

## RESUMO

O objetivo dessa tese foi analisar a relação entre a Carga de Treinamento e a incidência de lesões em atletas profissionais de voleibol masculino. A amostra foi composta por 43 jogadores de voleibol do sexo masculino ( $23,04 \pm 5,23$  anos,  $192,99$  cm,  $88,97 \pm 12,26$ , kg) integrantes de uma equipe que disputava torneios de nível nacional durante três temporadas. Trata-se de um estudo longitudinal, prospectivo e observacional realizado durante três temporadas de uma equipe profissional de voleibol masculino. Foram coletados diariamente os dados referente a Carga de Treinamento e lesões. O monitoramento da Carga de Treinamento foi realizado através do método de Percepção Subjetiva do Esforço da Sessão e calculada a ACWR de diferentes formas. Para registro de lesões utilizou-se Formulário de Vigilância de Lesões da Federação Internacional de Voleibol. Foram contabilizadas 13283 horas, durante 8021 sessões individuais de treinamentos e jogos. A incidência de lesões foi calculada a partir do número de lesões a cada 1000 horas de treinamento. A razão de chances de lesão associada às diferentes métricas de Carga de Treinamento foram estimadas por meio de modelos logísticos com parâmetros calculados a partir de equação de estimativa generalizada (GEE). Neste período aconteceram 108 lesões gerando uma incidência total de 8,13 lesões/1000 h. A Pré-Temporada apresentou maior Carga de Treinamento e maior incidência de lesões quando comparada ao período competitivo. Dentre todas as análises das métricas de Carga de Treinamento, os maiores valores de risco de lesão foram observados na ACWR calculada a partir da média exponencial, acoplada e nos períodos de Pré-Temporada. Observou-se que a maior parte das sessões de treinamentos e jogos encontravam-se em faixas de ACWR “baixa a moderada” e “modera a alta”. Consequentemente a maior parte das lesões também aconteceram quando os atletas apresentavam valores de ACWR dentro dessas categorias.

Palavras-chave: carga de treinamento, voleibol, lesões.

## ABSTRACT

The objective of this thesis was to analyze the relationship between training load and injuries in professional male volleyball athletes. The sample consisted of 43 male volleyball players ( $23.04 \pm 5.23$  years, 192.99 cm,  $88.97 \pm 12.26$  kg) from a team that competed in national level tournaments for three seasons. This is a longitudinal, prospective, and observational study carried out during three seasons of a professional male volleyball team. Data on training load and injuries were collected daily. The monitoring of the Training Load was carried out using the Session Rating of Perceived Exertion method and the ACWR was calculated in different ways. The International Volleyball Federation Injury Surveillance System was used to record injuries. 13283 hours were counted during 8021 individual training and game sessions. The injury incidence was calculated from the number of injuries per 1000 hours of training. Injury odds ratios associated with different Training Load metrics were estimated using logistic models with parameters calculated from generalized estimating equation (GEE). In this period there were 108 injuries and a total incidence of 8.13 injuries / 1000 h. The Pre-Season had a higher training load and a higher incidence of injuries compared to the competitive period. Among all the analyzes of the Training Load metrics, the highest values of risk of injury were observed in ACWR calculated from the exponential mean, coupled and in the Pre-Season periods. It was observed that most training sessions and games were classified in ACWR ranges "low to moderate" and "moderate to high". Consequently, most injuries also occurred when athletes had ACWR values within these categories.

Key-words: training load, volleyball, injuries.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	18
2.1 OBJETIVO GERAL .....	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	19
3.1 TREINAMENTO ESPORTIVO .....	19
3.2 LESÕES ESPORTIVAS .....	22
3.3 CARGA DE TREINAMENTO.....	27
<b>3.3.1 Relação entre Carga de Treinamento e Lesões no Esporte</b> .....	27
<b>3.3.2 Carga Interna e Carga Externa de Treinamento</b> .....	29
<b>3.3.3 Ferramentas de Mensuração da Carga de Treinamento</b> .....	31
<b>3.3.4 Diferentes métricas da Carga de Treinamento relacionadas às lesões</b> ....	33
3.3.4.1 <i>Cargas Absolutas</i> .....	33
3.3.4.2 <i>Cargas Relativas</i> .....	35
3.3.4.3 <i>Acute:Chronic Workoad Ratio (ACWR)</i> .....	36
3.3.4.4 <i>ACWR – Médias Móveis</i> .....	37
3.3.4.5 <i>ACWR - Exponentially Weighted Moving Averages (EWMA)</i> .....	39
3.3.4.6 <i>Método Acoplado ou Desacoplado</i> .....	41
3.3.4.7 <i>Definição dos Períodos Utilizados na ACWR</i> .....	43
3.3.4.8 <i>Período Latente</i> .....	43
3.3.4.9 <i>Cálculo da ACWR a partir de diferentes ferramentas e métricas</i> .....	44
3.3.4.11 <i>Críticas à ACWR</i> .....	44
<b>3.3.5 Carga de Treinamento e Lesões no Voleibol</b> .....	46
3.4 PRÉ-TEMPORADA .....	47
<b>4. MÉTODOS</b> .....	50

4.1 AMOSTRA.....	51
4.2 PROCEDIMENTOS ÉTICOS .....	51
4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	51
4.4 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS.....	52
<b>4.4.1 Monitoramento da Carga de Treinamento.....</b>	<b>52</b>
<b>4.4.2 Registro de Lesões .....</b>	<b>53</b>
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	53
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>54</b>
<b>6. DISCUSSÃO .....</b>	<b>64</b>
6.1 INCIDÊNCIA DE LESÕES .....	64
6.2 CAUSA DAS LESÕES E AFASTAMENTO DOS ATLETAS.....	65
6.3 LOCALIZAÇÃO E TIPO DAS LESÕES.....	65
6.4 DISTRIBUIÇÃO DE LESÕES POR POSIÇÃO DOS JOGADORES .....	66
6.5 COMPARAÇÃO ENTRE PRÉ-TEMPORADA E PERÍODO COMPETITIVO.....	67
6.6 REPERCUSSÃO PRÉ-TEMPORADA SOBRE O PERÍODO COMPETITIVO ....	67
6.7 DIFERENTES MÉTRICAS DE ACWR E RISCO DE LESÃO.....	69
<b>7. CONCLUSÕES.....</b>	<b>72</b>
7.1 SUMÁRIO DE CONCLUSÕES.....	72
7.2 LIMITAÇÕES.....	74
7.3 PONTOS FORTES.....	74
7.4 DIREÇÕES FUTURAS.....	75
7.5 APLICAÇÕES PRÁTICAS.....	75
7.6 CONCLUSÃO.....	76
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXO A - Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética e Pesquisa.....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXO B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido .....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXO C - Escala de Percepção Subjetiva do Esforço CR-10 .....</b>	<b>88</b>

<b>ANEXO D - FIVB Injury Surveillance System .....</b>	<b>89</b>
--	-----------

## 1. INTRODUÇÃO

Lesões esportivas possuem caráter multifatorial envolvendo fatores extrínsecos e intrínsecos. Dentre estes determinantes, evidências tem apontado a Carga de Treinamento como um importante fator de risco (ANDRADE et al., 2020; DREW; FINCH, 2016; GRIFFIN et al., 2020; SOLIGARD et al., 2016; WANG et al., 2021). Entender a influência do treinamento sobre o risco de lesões é fundamental para os diversos profissionais ligados ao esporte para a otimização do desempenho e redução do risco de lesões esportivas (ANDRADE et al., 2020).

A prescrição do treinamento e a saúde do atleta podem ser consideradas como parte de um mesmo processo e, assim, não devem ser avaliadas separadamente (MOONEY et al., 2017). Dessa forma, as decisões referentes ao desempenho esportivo e a prevenção de lesões envolvem os profissionais de preparação física, comissão técnica, médicos, fisioterapeutas, fisiologistas, cientistas do esporte, dentre outros. Porém, frequentemente, estes têm dificuldades em alinhar seus objetivos e suas motivações profissionais, fazendo com que ações divergentes e problemas de comunicação entre eles prejudiquem o desenvolvimento de um trabalho de qualidade no contexto esportivo (GABBETT; WHITELEY, 2017).

Para o entendimento a respeito da etiologia de lesões no esporte, deve-se levar em consideração a relação entre a capacidade do atleta e a demanda que lhe é imposta. As lesões tendem a ocorrer, quando existe um desequilíbrio dessas dimensões (VERHAGEN; GABBETT, 2019). Existem uma série de modelos que se propõem a explicar a etiologia de lesões no esporte. Um equívoco comum a muitos desses modelos está em negligenciar a importância da demanda esportiva minimizando o treinamento e competições como parte importante desse processo (WINDT; GABBETT, 2017). O exercício físico, em última instância, pode ser considerado um estímulo estressor que induz diversas respostas psicofisiológicas no organismo e assim promoverão um processo adaptativo que pode ser positivo ou negativo (SCHWELLNUS et al., 2016; SOLIGARD et al., 2016).

Sendo assim a Carga de Treinamento consiste no conjunto de estímulos estressores (psicofisiológicos ou mecânicos) que são aplicados ao organismo (COUTTS; KEMPTON; CROWCROFT, 2017). Um conceito complementar classifica

a Carga de Treinamento entre Externa ou Interna. A Carga Externa de Treinamento é definida como o trabalho físico prescrito no programa de treino, determinado pela quantidade, qualidade e organização dos exercícios. Por outro lado, a Carga Interna de Treinamento diz respeito à resposta psicofisiológica do atleta durante a realização do exercício, a partir da interação da Carga Externa com suas características individuais e seu estado (IMPELLIZZERI; MARCORA; COUTTS, 2019). Há uma grande variedade de ferramentas para mensurar a Carga de Treinamento, porém não há um método ou instrumento “padrão-ouro”, seja para Carga Externa ou Interna. Sendo assim, a definição do método utilizado para monitorar essas variáveis deve levar em consideração inúmeros aspectos, como as especificidades do esporte, o nível dos atletas, os recursos financeiros, entre outros. Uma das ferramentas mais comumente utilizadas no monitoramento da Carga Interna de Treinamento é a Percepção Subjetiva do Esforço da sessão proposta por Foster et al. (2001). Esta é apontada pela literatura científica como um método validado, de fácil aplicação e baixo custo sendo parte da rotina de atletas e profissionais nos ambientes esportivos dentro das mais diversas modalidades (HADDAD et al., 2017).

Os primeiros estudos a respeito da relação entre Carga de Treinamento e lesões esportivas indicaram uma relação direta de dose-resposta entre estas variáveis, ou seja, quanto maior a magnitude da Carga de Treinamento, maior seria o risco de ocorrer uma lesão (ANDERSON et al., 2003; GABBETT, 2004a). No entanto, atualmente, entende-se que reduzir de maneira demasiada o nível do treinamento pode aumentar o risco de lesões, devido a uma aptidão inadequada dos atletas (GABBETT, 2018). Semelhantemente, a Carga de Treinamento adequadamente elevada ao longo de um período pode resultar em adaptações físicas positivas e, dessa forma, reduzir o risco de lesão (HULIN et al., 2016b). Outro ponto relacionado ao aumento destes riscos é a ocorrência de variação brusca das cargas, chamados picos (HULIN et al., 2014). Sendo assim, grande parte da literatura científica atual sobre o assunto indica que as variações da Carga de Treinamento podem ser mais relacionadas com as lesões do que a carga absoluta (ANDRADE et al., 2020; SOLIGARD et al., 2016).

A ideia de analisar o comportamento da Carga de Treinamento não apenas pelo valor absoluto, mas por suas variações, retomam um conceito de Banister et al. (1975). Segundo estes autores, o desempenho de um atleta em resposta ao

treinamento pode ser estimado à partir da diferença entre uma função negativa (fadiga) e uma função positiva (*fitness*). Baseado neste conceito, GABBETT, 2016 propôs, então, uma razão entre a Carga de Treinamento Aguda e a Carga de Treinamento Crônica, chamada *Acute:Chronic Workload Ratio* (ACWR), na qual a função "*fitness*" corresponde às cargas crônicas e o domínio "fadiga" relacionado às cargas agudas. O período mais utilizado nos estudos para a carga aguda é de 7 dias e crônica de 28 dias (GRIFFIN et al., 2020; MAUPIN et al., 2020).

Embora seja uma importante ferramenta para o monitoramento da Carga de Treinamento, a validade da ACWR vem sendo questionada recentemente (IMPELLIZZERI; COUTTS; MCCALL, 2021; MENASPÀ, 2016). Como resposta há alguns desses questionamentos iniciais, Williams et al (2017) apresentaram uma nova abordagem chamada *Exponentially Weighted Moving Averages* (EWMA). Este método, utiliza médias ponderadas a partir de um cálculo que dá pesos diferentes aos dias mais próximos em comparação aos mais distantes do evento analisado (WILLIAMS et al., 2017). Esta métrica foi apontada como mais sensível as lesões esportivas, porém, ainda carece de mais pesquisas sobre o assunto (GRIFFIN et al., 2020; MAUPIN et al., 2020). Ainda existem muitos questionamentos sobre a melhor forma de cálculo da ACWR, sendo pontos que ainda precisam ser esclarecidos: cálculo com médias móveis ou médias exponenciais, período utilizado como carga aguda e crônica, cálculo acoplado ou desacoplado (DALEN-LORENTSEN et al., 2021; GABBETT et al., 2019).

A relação entre Carga de Treinamento e risco de lesões esportivas é especialmente encontrada nos períodos preparatórios (GABBETT, 2004b). Uma vez que este período é caracterizado por maiores intensidades e volumes de treinamento, tal fato pode refletir em uma maior incidência de lesões (GABBETT; JENKINS, 2011; TIMOTEO et al., 2021). Além disso, alguns estudos têm analisado o impacto da Carga de Treinamento da pré-temporada sobre desempenho e risco de lesões, não somente durante este momento, mas seus efeitos tardios durante o período competitivo (MURRAY; GABBETT; TOWNSHEND, 2017; WINDT et al., 2016). Estes autores têm apontado que atletas que realizaram uma pré-temporada com maior número de sessões, apresentaram um menor risco de lesões durante a temporada competitiva

A especificidade da modalidade esportiva determina a demanda psicofisiológica que os atletas são submetidos e dessa forma, podem influenciar na

etiologia de lesões no esporte. Grande parte dos estudos que se propõe a analisar a relação entre Carga de Treinamento e lesões, o faz em modalidades caracterizadas por contato físico, como rúgbi (GABBETT; DOMROW, 2007; GABBETT; JENKINS, 2011), futebol australiano (CAREY et al., 2017; VEUGELERS et al., 2016) e futebol (ARCOS et al., 2015; BOWEN et al., 2020). No entanto, esportes com menor demanda de contato físico, como o voleibol, podem ser mais beneficiados por um programa de prevenção de lesões a partir do monitoramento do treinamento (GABBETT, 2010).

Apesar disso, há uma carência de estudos sobre a relação de Carga de Treinamento e lesões no voleibol. Alguns estudos utilizaram de variáveis de Carga Externa de Treinamento (horas de treinamento, frequência de saltos, número de sets disputados) relacionando essas variáveis à frequência de uma lesão específica (joelho de saltador) (BAHR; BAHR, 2014; VISNES; BAHR, 2013). Nesse e Demchak, 2007 contabilizaram somente o número de sessões como ferramenta de monitoramento de carga externa, durante um período restrito de quatro semanas em duas pré-temporadas e relacionou ao número de casos de lesões após o fim desse período (NESSER; DEMCHAK, 2007). Apenas um estudo, analisou o risco de lesão a partir da Carga de Treinamento interna e externa no voleibol indicando que atletas que não se lesionaram tinham menores valores de ACWR, se comparado aos demais grupos que sofreram lesão. Semelhantemente, a probabilidade de lesões foi maior na presença de ACWR altas (TIMOTEO et al., 2021). Foram publicadas recentemente três revisões sistemáticas a respeito da relação entre ACWR e lesões esportivas (ANDRADE et al., 2020; GRIFFIN et al., 2020; MAUPIN et al., 2020). Destas apenas Griffin et al., 2020 cita um estudo no voleibol (TIMOTEO et al., 2021). Não foram encontrados, até a presente data, estudos que utilizaram a EWMA no voleibol.

É importante salientar que resultados de ACWR obtidos a partir de dados de diferentes ferramentas não são intercambiáveis devido a heterogeneidade dos dados. Por exemplo, não se pode comparar a ACWR calculada pelo número de oscilações do membro superior nos movimentos de saque e ataque (WOLFE et al., 2019) com a ACWR calculada a partir da PSE da sessão (TIMOTEO et al., 2021). Além disso existe uma grande diversidade de formas de calcular a ACWR, ou seja, de métricas. Sendo assim, é necessário identificar para cada modalidade qual medida é sensível na identificação de fatores de risco e quais são mais úteis para controlar o desempenho. Entre uso de média móvel ou exponencial, análise acoplada ou desacoplada,

diferentes períodos de carga aguda e crônica, período latente ou utilização de Carga de Treinamento interna ou externa, cada esporte deve buscar a medida mais sensível aos seus objetivos.

A redução do número de lesões é um dos grandes objetivos da equipe multidisciplinar que atua na área esportiva. A melhor compreensão a respeito da relação entre Carga de Treinamento e Lesões poder ser útil na redução do risco de lesões e ainda na melhora do desempenho (ANDRADE et al., 2020; SAW; MAIN; GASTIN, 2016). Tendo em vista a importante contribuição da Carga de Treinamento dentro do sistema complexo de etiologia de lesões, associado à carência de estudos sobre este tema no voleibol, torna-se imperativo que novos estudos sejam desenvolvidos para o melhor entendimento sobre o impacto das demandas esportivas sobre as lesões na modalidade. Compreender o processo que faz da CT um importante fator de risco de lesões.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Investigar a relação entre a Carga de Treinamento e lesões em atletas profissionais de voleibol do sexo masculino.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

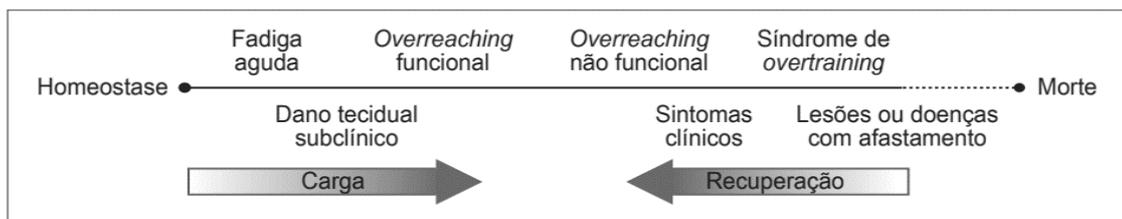
- Examinar o perfil epidemiológico de lesões em uma em atletas profissionais de voleibol do sexo masculino.
- Analisar a relação entre diferentes métricas de carga de treinamento e o risco de lesões em jogadores profissionais de voleibol do sexo masculino.
- Investigar a relação entre a pré-temporada (Carga de Treinamento e proporção de treinamentos realizados) e o período competitivo (Carga de Treinamento e disponibilidade dos atletas) em atletas profissionais de voleibol masculino.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 TREINAMENTO ESPORTIVO

O treinamento esportivo pode ser definido como uma atividade sistemática que visa proporcionar alterações morfológicas, metabólicas, psicológicas e funcionais que possibilitem o consequente incremento dos resultados competitivos (NAKAMURA; MOREIRA; AOKI, 2010). Para que haja uma melhora de desempenho de atletas no esporte de alto rendimento é necessário que haja organização, estruturação, monitoramento e controle do treinamento (DREW; FINCH, 2016). Este treinamento pode impor um estresse sobre o atleta, mudando seu bem-estar físico e psicológico ao longo de um contínuo que avança de fadiga aguda, passando pelo *overreaching*<sup>1</sup>, podendo chegar a síndrome de *overtraining*<sup>2</sup>. (SAW; MAIN; GASTIN, 2016; SOLIGARD et al., 2016) (Figura 1). Dessa forma torna-se necessário quantificar a relação entre o exercício físico e o risco de lesão para determinar um nível seguro de atividade (WANG et al., 2021).

Figura 1 - Contínuo de Fadiga



Fonte: Adaptada de Soligard et al. (2016) em Timoteo; Debien (2019)

<sup>1</sup> *Overreaching*: o “Acúmulo do estresse do treinamento e de fatores extras resultando em uma queda da capacidade de rendimento a curto prazo com ou sem sinais e sintomas psicológicos e fisiológicos relacionados nos quais a recuperação da capacidade de rendimento pode levar de várias dias ou semanas”. (HALSON; JEUKENDRUP, 2004).

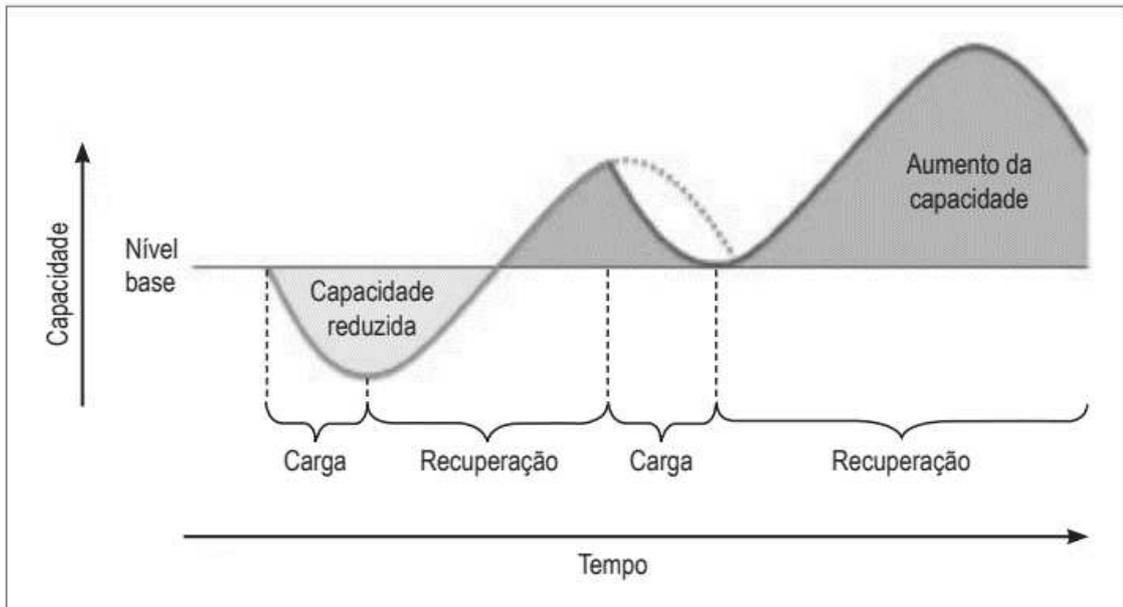
<sup>2</sup> *Overtraining*: “Condição de fadiga e sub-rendimento, geralmente associado a frequentes infecções e depressão que ocorrem em consequência de treinamentos árduos e competições. Os sintomas não desaparecem mesmo com semanas de recuperação, não havendo outras causas médicas identificáveis” (BUDGETT, 1990)

O princípio primordial do treinamento está relacionado à melhora do desempenho esportivo preparando o atleta para qualquer demanda competitiva (GABBETT; WHITELEY, 2017; SOLIGARD et al., 2016). No entanto, este processo deve ser cuidadosamente gerenciado para minimizar os efeitos negativos do treinamento como lesões e doenças (HALSON, 2014; LAZARUS et al., 2017). Em última instância o treinamento esportivo pode ser visto como um mecanismo estressor capaz de alterar o bem-estar físico e psicológico dos atletas. Dessa forma, as lesões acontecem quando um atleta é exposto a uma determinada Carga de Treinamento (SCHWELLNUS et al., 2016; SOLIGARD et al., 2016).

A sobrecarga progressiva é um princípio do treinamento que afirma que a carga deve exceder ligeiramente a capacidade do indivíduo (VERHAGEN; GABBETT, 2019). Portanto, um dos premissas mais importantes da teoria do treinamento é a utilização desse processo de adaptação biológica, a fim de aumentar as capacidades do atleta e, conseqüentemente, melhorar seu desempenho esportivo (IMPELLIZZERI; MARCORA; COUTTS, 2019; SOLIGARD et al., 2016). Após a aplicação da CARGA DE TREINAMENTO, há redução dos níveis basais da capacidade do atleta, e o organismo trabalha em busca do reestabelecimento de um estado de equilíbrio. Esse restabelecimento se dá durante a recuperação e é nesse momento que ocorrem as adaptações fisiológicas específicas. Esse fenômeno clássico é denominado como Supercompensação (MEEUSEN et al., 2013) (Figura 2).

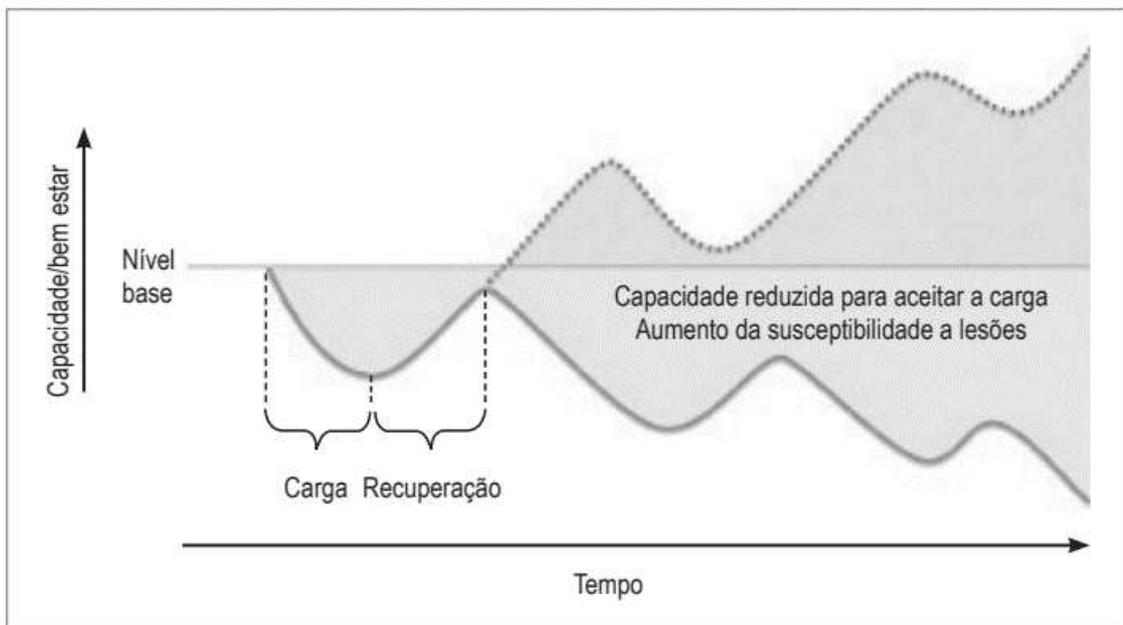
No entanto, existe uma linha muito tênue entre as adaptações positivas e negativas em resposta aos ciclos de carga e recuperação. O desequilíbrio entre ciclos pode gerar adaptações negativas, como a diminuição da capacidade do organismo de tolerar cargas, o aumento do risco de lesões e a queda do desempenho esportivo (Figura 3). Dessa forma, se os aumentos de carga forem demasiados e excederem muito a capacidade, o risco de lesões é aumentado (ANDRADE et al., 2020; BOWEN et al., 2020). Porém, não deve-se considerar que a Carga de Treinamento, ainda que elevada, gere apenas resultados deletérios. Quando prescrita de forma adequada esses estímulos podem auxiliar atletas a suportarem as altas demandas da competição. Além disso, pouco treinamento pode gerar atletas despreparados para a competição e assim mais sujeitos às lesões (GABBETT, 2018, 2020).

Figura 2 - Adaptação biológica a partir de ciclos de carga e recuperação.



Fonte: Adaptada de Soligard et al. (2016) em Timoteo; Debien (2019)

Figura 3 - Adaptações biológicas negativas a partir de ciclos de carga excessiva e/ou recuperação inadequada.



Fonte: Adaptada de Soligard et al.(2016) em Timoteo; Debien (2019)

A partir disso é evidente o desafio de monitorar e controlar as CARGA DE TREINAMENTO objetivando encontrar o equilíbrio entre os ganhos de desempenho proporcionado pelo treinamento, sem, no entanto, gerar um estresse psicofísico capaz de aumentar os riscos de lesões e outros problemas de saúde em atletas.

### 3.2 LESÕES ESPORTIVAS

Para que haja um melhor entendimento de como o treinamento influencia na etiologia de lesões, é necessário primeiramente definir o que é uma lesão esportiva. A variedade de definições nos leva a ter cautela na comparação entre estudos, pois isso afeta o número de lesões registradas, o cálculo de incidência e consequentemente as suas conclusões (BROOKS; FULLER, 2006; INTERNATIONAL OLYMPIC COMMITTEE INJURY AND ILLNESS EPIDEMIOLOGY CONSENSUS GROUP, 2020). Segundo um recente consenso do Comitê Olímpico Internacional, “lesão é o dano tecidual ou outro distúrbio da função física normal devido à participação em esportes, resultante da transferência rápida ou repetitiva de energia cinética” (INTERNATIONAL OLYMPIC COMMITTEE INJURY AND ILLNESS EPIDEMIOLOGY CONSENSUS GROUP, 2020).

As principais definições de lesão utilizadas em estudos da área esportiva estão ligadas a severidade das mesmas. Há três formas mais comumente utilizadas para identificação de uma lesão: 1) Qualquer queixa: quando há qualquer queixa do atleta, independentemente das consequências; 2) Atenção Médica: quando há necessidade de atendimento pela equipe de saúde, mesmo que o atleta não seja afastado das atividades esportivas; 3) *Time Loss*: quando há necessidade de afastamento das atividades esportivas. Talvez o último seja o critério mais utilizado, porém essa definição subestima a gravidade das lesões que limitam o desempenho de um atleta, mas não o impedem de jogar (INTERNATIONAL OLYMPIC COMMITTEE INJURY AND ILLNESS EPIDEMIOLOGY CONSENSUS GROUP, 2020) (Figura 4). Sendo assim, a definição de lesão depende da questão da pesquisa e do contexto, não sendo necessária a padronização de uma definição universal de lesões (NIELSEN et al., 2020).

Figura 4 - Representação das definições de lesões a partir da severidade



Fonte: Adaptada de International Olympic Committee Injury and Illness Epidemiology Consensus Group (2020)

Estudos a respeito de lesões por sobrecarga (*overuse*) exigem definições amplas, pois os atletas geralmente continuam participando de treinamento e competição, apesar de não estarem em plenas condições físicas (BAHR, 2009). Dentro desse aspecto, a Federação Internacional de Voleibol sugere que lesão deve ser compreendida como “qualquer queixa musculoesquelética ocorrida recentemente devido a competição e/ou treinamento que recebeu atenção médica, independentemente das consequências com relação à ausência de competição ou treinamento” (BERE et al., 2015; FIVB MEDICAL COMMISSION, 2010).

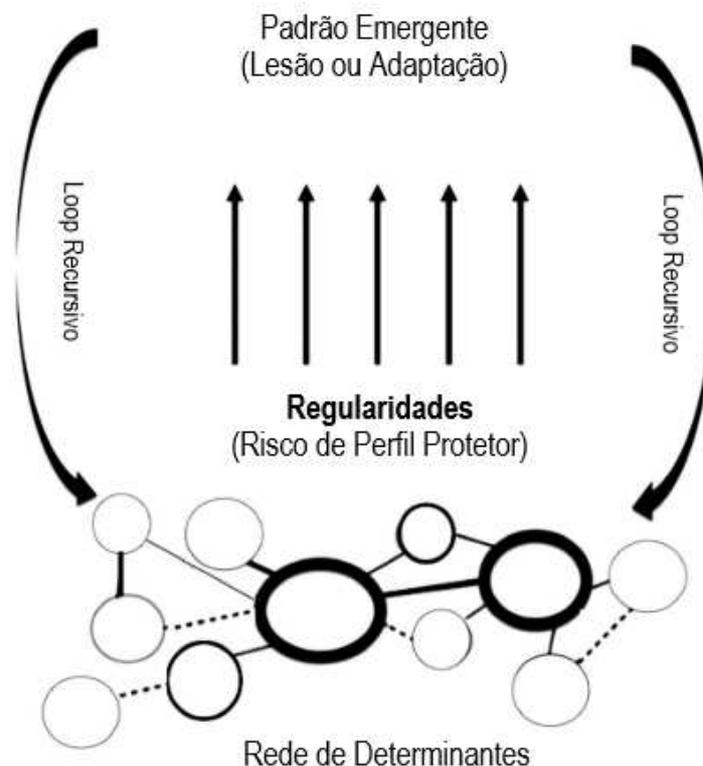
Outro ponto importante quando se refere a estudos de Carga de Treinamento e risco de lesões é a opção de registrar apenas lesões sem contato físico, com base na suposição de que a CT não está diretamente relacionada a lesões por contato (NIELSEN et al., 2020). A premissa de inclusão apenas de lesões sem contato se dá por ser esse tipo de lesão ser considerado o único tipo amplamente evitável e, portanto, com maior probabilidade de estar associado ao comportamento da carga. No entanto, as lesões por contato ainda podem ser relatadas e analisadas separadamente (GABBETT, 2010; GRIFFIN et al., 2020).

Sendo assim, torna-se necessário identificar os critérios utilizados para definir lesões esportivas, uma vez que é um erro a comparação entre pesquisas que utilizam

diferentes definições. Por exemplo, não é possível comparar uma análise mais restrita de lesão (*time loss*) com outra que identifica como lesionado o atleta que apresente qualquer queixa musculoesquelética.

Como citado anteriormente, o objetivo básico de qualquer programa de treinamento é aplicar uma carga (estresse mecânico, fisiológico ou mental) através de treinamento ou competição que seja maior que a capacidade atual de um atleta. O equilíbrio entre essa demanda esportiva e a capacidade individual do atleta poderá proporcionar benefícios no desempenho e saúde do indivíduo (VERHAGEN; GABBETT, 2019). A partir dos diversos determinantes que afetam essa relação entre capacidade e demanda, deve-se destacar então que lesões esportivas têm natureza multifatorial e complexa. Sendo assim as lesões não ocorrem por uma combinação linear de fatores preditivos isolados, mas de uma interação de uma "rede de determinantes" (BITTENCOURT et al., 2016) (Figura 5).

Figura 5 - Modelo de Complexidade das Lesões Esportivas.



Fonte: Adaptada de Bittencourt et al. (2016)

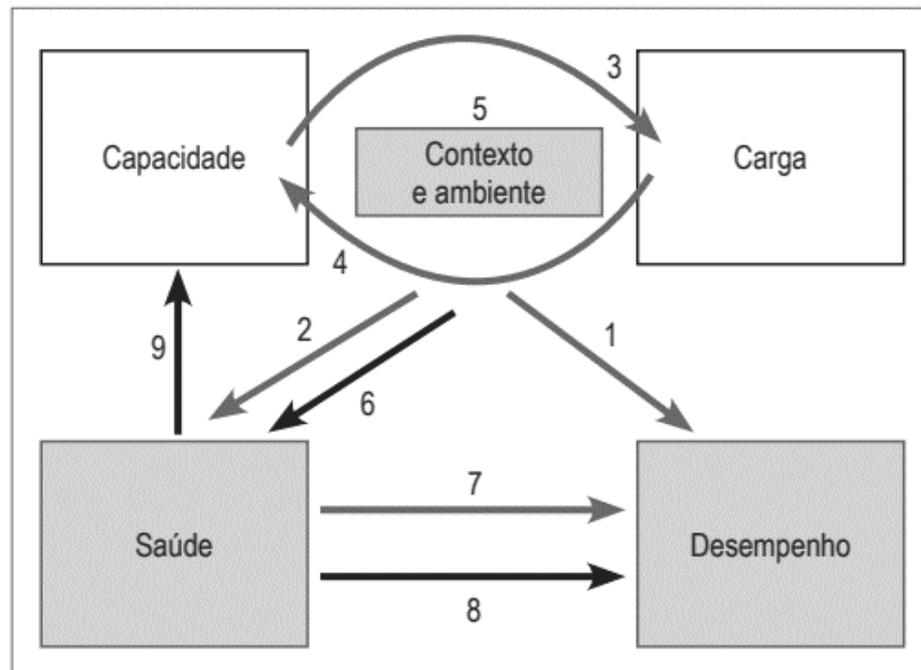
Esse entendimento traz uma nova perspectiva uma vez que a habilidade de variáveis únicas, como Carga de Treinamento (CT), de prever lesões é limitada. Dessa forma, deve-se considerar a multiplicidade de fatores que podem influenciar o risco de lesões. A carga de treinamento é apenas um destes fatores de risco modificáveis (GRIFFIN et al., 2020), mas em combinação com outros fatores pode identificar atletas ou práticas de treinamento que podem gerar maior risco de lesão (ANDRADE et al., 2020; COYNE et al., 2018; GRIFFIN et al., 2020).

Apesar da íntima relação entre capacidade, demanda, saúde e desempenho, qualquer tipo de ação isolada será insuficientes para otimizar o desempenho e, ao mesmo tempo, prevenir lesões (VERHAGEN; GABBETT, 2019) (Figura 6).

As causas das lesões são numerosas, destacadas por uma série de modelos de etiologia de lesões multifatoriais. No entanto, independentemente da interação de fatores de risco ou incitação ao evento biomecânico, cada lesão atlética é sustentada enquanto os atletas estão expostos ao treinamento e à carga da competição (WINDT; GABBETT, 2017).

Lesões esportivas vêm sendo relacionadas a uma série de impactos negativos para atleta e equipes. Primeiramente, o desempenho esportivo pode ser afetado individual ou coletivamente, uma vez que manter-se livre de lesões pode maximizar o sucesso esportivo. Tal fato é claramente observado em esportes coletivos nos quais o uma maior disponibilidade de jogadores tende a aumentar as chances de sucesso. As lesões que resultam em perda de jogos podem alterar a estrutura da equipe, levando a redução do entrosamento entre atletas e subseqüentes reduções no desempenho do jogo (DREW; RAYSMITH; CHARLTON, 2017; HÄGGLUND et al., 2013). Dessa forma, a prevenção de lesões torna-se uma prática importante para maximizar o desempenho e o sucesso no esporte (MAUPIN et al., 2020). Inegável também é o grande impacto financeiro que pode ser gerado pelas lesões devido ao pagamento de salários a atletas afastados, além de custos adicionais do tratamento (EKSTRAND, 2016).

Figura 6 - Mecanismo de capacidade x demanda (carga) e suas repercussões sobre saúde e desempenho — uma visão integrada sobre carga, capacidade de carga, desempenho e saúde no esporte.



Fonte: Adaptada de Verhagen; Gabbett (2018) em Timoteo; Debien (2019)

1. Com o equilíbrio ideal entre os dois construtos (capacidade x carga), um estímulo de treinamento apropriado irá gerar benefícios tanto para o desempenho... 2. ... como para a saúde. 3. A capacidade de um atleta determinará a qual carga, em termos de volume, intensidade e frequência, ele será submetido. 4. Aplicar a quantidade correta de carga beneficiará a capacidade — por exemplo, à medida que aumenta força, resiliência mental, massa óssea, etc. 5. A capacidade e carga do atleta, bem como o equilíbrio entre ambos, são influenciados pelo contexto e pelo ambiente. Isso significa que o equilíbrio entre carga e capacidade hoje pode ser mudado amanhã, devido a flutuações na fadiga, no estado mental, na motivação, etc. 6. Quando a carga está desequilibrada com a capacidade, existe um maior risco de efeitos prejudiciais para a saúde, como lesões ou doenças. Tais efeitos negativos podem ser originários do excesso ou da falta de carga. 7. A saúde ideal pode afetar positivamente o desempenho. 8. A saúde abaixo do ideal afeta negativamente o desempenho por meio da redução da capacidade de execução (p. ex., dor, restrições, etc.). 9. A saúde abaixo do ideal também gera redução da capacidade (p. ex., redução de força, estresse, alterações na integridade do tecido).

Os dados epidemiológicos das lesões esportivas são altamente dependentes da especificidade de modalidade (BERE et al., 2015). O voleibol é uma modalidade esportiva intermitente, na qual as principais ações do jogo são realizadas em alta intensidade, intercaladas com períodos de baixa intensidade com uma grande quantidade de saltos, especialmente durante ações de ataque e bloqueio. Tais

características conferem uma alta demanda neuromuscular a essa modalidade (SHEPPARD et al., 2007). Por esse motivo o voleibol é considerado um esporte seguro em comparação com outras modalidades coletivas, como futebol, handebol e basquete, em que jogos frequentes e contato com o adversário fazem parte do jogo (BERE et al., 2015; ENGBRETTSEN et al., 2013; SOLIGARD et al., 2017).

Um estudo realizado durante as principais competições de voleibol mundiais encontrou uma incidência de lesões de 11,7 lesões/ 1000 horas (BERE et al., 2015). Os segmentos corporais mais frequentemente atingidos foram tornozelo, joelho, coluna lombar e dedos. Uma grande quantidade de lesões não geraram necessidade de afastamento dos atletas, sendo raras as lesões graves. O tipo de lesão mais comum foi a entorse articular, seguida por distensões musculares e contusões. No total a entorse de tornozelo foi o diagnóstico específico mais frequente. O padrão de lesão observado neste estudo aponta que as lesões agudas mais comuns no voleibol estão localizadas no tornozelo e dedos, enquanto lesões por uso excessivo afetam principalmente o joelho, região lombar e ombro.

Tendo em vista o grande impacto das lesões tanto no desempenho, quanto nas condições de saúde do atleta, deve-se atentar para informações epidemiológicas que apontem para um perfil de lesões mais recorrentes. Este deve ser um primeiro ponto a se analisar para a formulação de qualquer ação que vise reduzir o risco de lesões.

### 3.3 CARGA DE TREINAMENTO

#### 3.3.1 Relação entre Carga de Treinamento e Lesões no Esporte

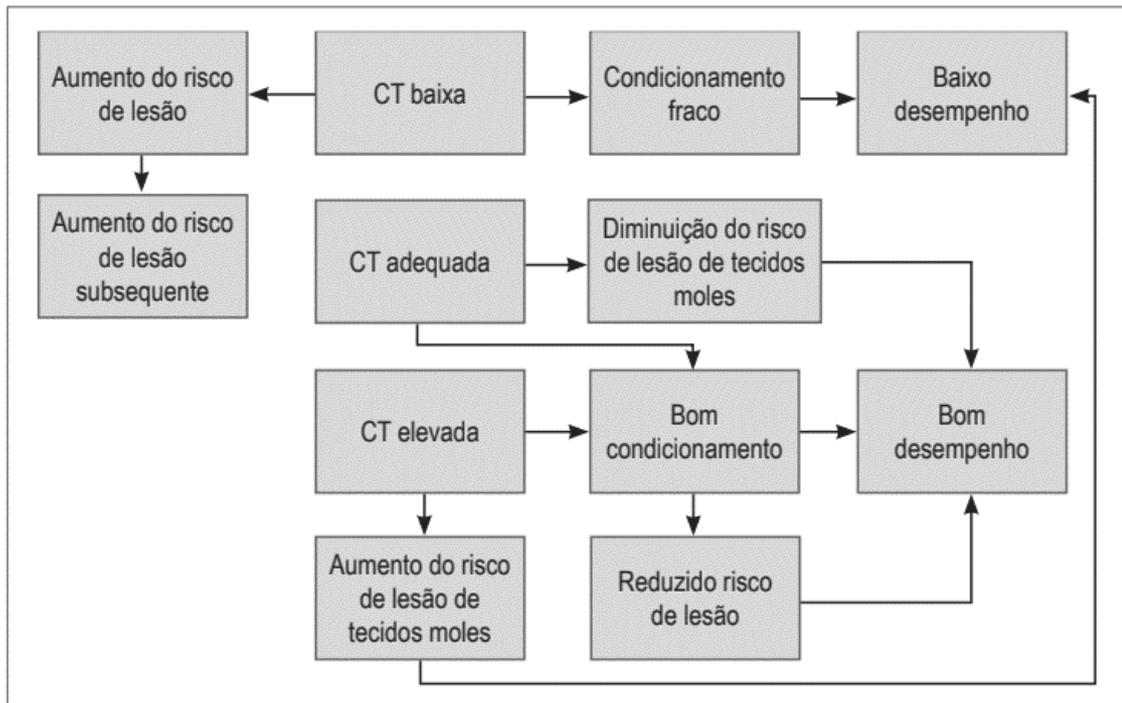
Há um crescente interesse da comunidade científica a respeito da influências da Carga de Treinamento sobre a etiologia de lesões esportivas (ANDRADE et al., 2020; IMPELLIZZERI; COUTTS; MCCALL, 2021; MAUPIN et al., 2020; WANG et al., 2021). Primeiramente, o termo “Carga de Treinamento” pode ser entendido como "a quantidade acumulada de estresse submetido a um indivíduo durante várias sessões de treinamento e jogos durante um período de tempo" (GABBETT et al., 2014).

Compreender o processo que faz da CARGA DE TREINAMENTO um importante fator de risco de lesões é de grande relevância aplicada para os diversos profissionais ligados ao esporte. Entender essa relação poderá contribuir na melhora do desempenho e na redução do risco de lesões (ANDRADE et al., 2020). O monitoramento contínuo e detalhado do treinamento poderá auxiliar os profissionais envolvidos a proporcionar efeitos desejados sobre o bem-estar e o desempenho dos atletas (SAW; MAIN; GASTIN, 2016). O controle da Carga de Treinamento pode ser apontado como um componente de prevenção de lesões. Neste sentido é importante que haja trabalho interdisciplinar e boa comunicação entre treinadores, preparadores físicos, fisiologistas, fisioterapeutas e cientistas do esporte (GABBETT et al., 2017; GABBETT; WHITELEY, 2017; VEUGELERS et al., 2016).

A Carga de Treinamento pode afetar a etiologia de lesões de diferentes formas (Figura 7). Primeiramente, essas cargas são a maneira pela qual os atletas são expostos a fatores de risco externos e eventos potencialmente estimulantes. Outro fator importante está relacionado às adaptações positivas associadas ao treinamento, que melhoram os fatores de risco internos modificáveis, como capacidade aeróbica, nível de habilidade ou composição corporal. Finalmente, existem consequências negativas associadas ao treinamento e a fadiga relacionado ao mesmo, causando temporariamente a diminuição da capacidade do atleta, podendo se traduzir no aumento dos fatores de risco internos modificáveis como por exemplo afetando o controle neuromuscular e a resiliência dos tecidos (WINDT; GABBETT, 2017).

Apesar da indiscutível importância da demanda esportiva, expressa na carga de treinamento, e o risco de lesões no esporte, ainda existem alguns questionamentos sobre as diferentes análises que podem ser realizadas no intuito de decifrar essa relação.

Figura 7 - Relação entre condicionamento físico, CARGA DE TREINAMENTO e risco de lesão em esportes coletivos.



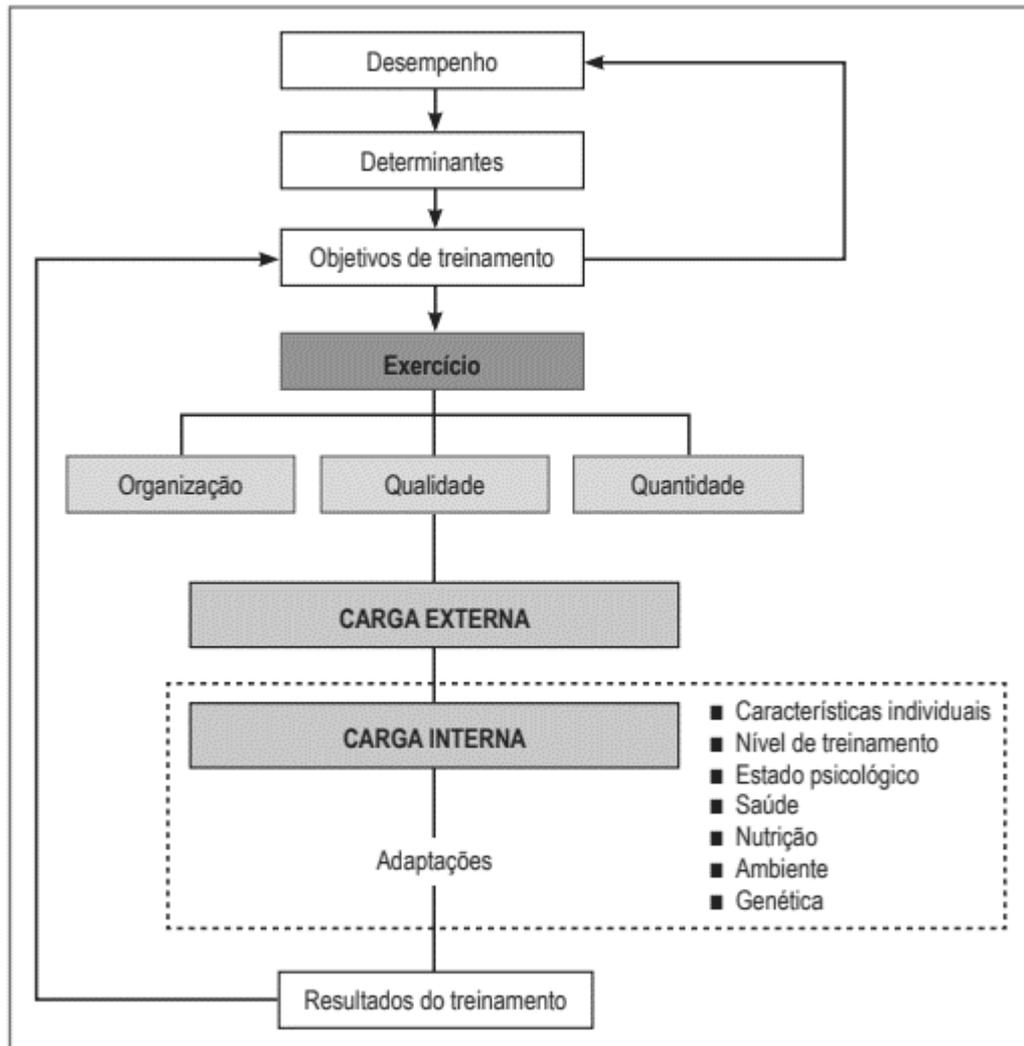
CT = Carga de Treinamento

Fonte: Adaptada de Gabbett (2016) em Timoteo; Debien (2019)

### 3.3.2 Carga Interna e Carga Externa de Treinamento

A Carga de Treinamento pode ser desdobrada em duas diferentes variáveis: Carga Externa de Treinamento e Carga Interna de Treinamento (Figura 8). A carga externa é definida como o trabalho físico prescrito no plano de treinamento. Os profissionais prescrevem o treinamento de acordo com carga externa para obter a resposta psicofisiológica desejada. É essa resposta que corresponde à carga interna de treinamento. Sendo assim, medidas de carga interna podem ser indicadores que refletem a resposta psicofisiológica real que o corpo inicia para lidar com os requisitos desencadeados pela carga externa (IMPELLIZZERI; MARCORA; COUTTS, 2019). A utilização de ambas as medidas, externas e internas, fornece uma visão abrangente sobre o treinamento e a forma que um indivíduo responde a ele influenciando diretamente sobre desempenho e risco de lesões esportivas (MAUPIN et al., 2020).

Figura 8 - Embasamento teórico do processo de treinamento.



Fonte: Adaptada de Impellizzeri; Marcora; Coutts (2019) em Timoteo; Debien (2019)

Uma revisão sistemática recente sobre o monitoramento de carga interna concluiu que as medidas subjetivas podem ser mais sensíveis e consistentes do que medidas objetivas na determinação de mudanças agudas e crônicas no bem-estar do atleta em resposta à carga (SAW; MAIN; GASTIN, 2016). Uma especificidade dos esportes coletivos como o voleibol, está na dificuldade de individualizar o treinamento uma vez que o mesmo é planejado para toda a equipe, e dessa forma, todos os atletas são submetidos à Carga Externa de Treinamento semelhante. Tal fato reforça a necessidade de utilização da carga interna como forma de obter as respostas fisiológicas que o organismo do atleta apresenta em função do estresse do treinamento associado as características fisiológicas e psicológicas individuais dos atletas (IMPELLIZZERI et al., 2004).

### 3.3.3 Ferramentas de Mensuração da Carga de Treinamento

Carga Externa ou Interna de Treinamento podem ser quantificadas por um grande número de ferramentas, porém não há uma medida padrão ouro. Embora alguns aspectos do estresse físico gerado pelo treinamento possam ser medidos, não é possível mensurar todos os estressores físicos de um indivíduo e conseqüentemente nenhum marcador de resposta a carga sozinho pode prever uma má adaptação ou lesão (IMPELLIZZERI; MARCORA; COUTTS, 2019; SOLIGARD et al., 2016; WANG et al., 2020). Na prática, os métodos de monitoramento da Carga de Treinamento variam consideravelmente, dependendo de cada modalidade sendo a Percepção Subjetiva do Esforço da Sessão a variável mais frequentemente utilizada (ANDRADE et al., 2020; BURGESS, 2017; DREW; FINCH, 2016)

O método da PSE da sessão foi proposto por Foster et al. (2001), utilizando uma escala adaptada da originalmente proposta por Borg (1982), e baseia-se no pressuposto de que as respostas fisiológicas decorrentes do estresse físico são acompanhadas por respostas perceptuais proporcionais (BORG, 1982; FOSTER et al., 2001). Esta ferramenta vem sendo apontada como um método válido, confiável e de baixo custo e fácil utilização sendo por muitas vezes a primeira escolha para realizar o monitoramento da carga (BOURDON et al., 2017; FOSTER; RODRIGUEZ-MARROYO; KONING, 2017; HALSON, 2014). Em uma revisão sistemática recente sobre Carga de Treinamento e lesões em esportes coletivos, todos os artigos selecionados utilizaram a PSE como medida de carga interna de treinamento (ANDRADE et al., 2020). As medidas subjetivas da carga de treinamento, como a PSE sessão, podem refletir mais do que somente o estresse físico, mas também o estresse cognitivo, que parece ser um moderador importante do relacionamento da carga de treinamento com desempenho e lesão (COYNE et al., 2018).

A PSE da sessão, como qualquer outra medida, tem limitações. Primeiramente, essa medida pode ser influenciado pelo nível de instrução do atleta, barreiras linguísticas e tempo de coleta. Os profissionais do esporte devem garantir que os atletas entendam totalmente como e quando a PSE da sessão será usada para ganhar a confiança do jogador nesta medida. Se a educação em torno da ferramenta não for adequada, os atletas podem responder desonestamente na tentativa de manipular futuras sessões de treinamento ou seleção de equipe. Destaca-se ainda que que essa

medida não é capaz de diferenciar entre uma sessão curta de alta intensidade e uma sessão longa de baixa intensidade. Por exemplo, uma sessão de 30 minutos com PSE de 8 e uma sessão de 120 minutos com PSE de 2 resultarão em uma PSE da sessão de 240, no entanto, as duas sessões tem efeitos muito diferentes (BURGESS, 2017; COYNE et al., 2018).

Reconhecidas a limitações da ferramenta, e mesmo com o advento de diversos recursos tecnológicos para mensurar Carga de Treinamento, a PSE da sessão permanece como uma alternativa sensível, de baixo custo e fácil aplicação tendo seu uso reforçado e embasado em diversos estudos (ANDRADE et al., 2020; FOSTER; RODRIGUEZ-MARROYO; KONING, 2017; SOLIGARD et al., 2016; WILLIAMS et al., 2016).

A utilização da frequência cardíaca é outro método bastante utilizado, principalmente a partir do cálculo de impulso do treinamento (Trimp). O cálculo é realizado a partir da multiplicação entre um coeficiente arbitrário e o tempo, em minutos, que o atleta permaneceu com sua frequência cardíaca na respectiva zona. O somatório desses valores fornece um valor de carga interna em unidades arbitrárias (MORTON; FITZ-CLARKE; BANISTER, 1990; STAGNO; THATCHER; SOMEREN, 2007).

Novas tecnologias tem auxiliado no eficiente monitoramento das cargas de treinamento. Dentre elas destaca-se a crescente utilização do sistemas de posicionamento global (GPS) e dos acelerômetros. Uma revisão recente apontou que 93% dos estudos utilizavam o GPS para o monitoramento da carga externa e 36% utilizavam o acelerômetro (ANDRADE et al., 2020). Tais ferramentas são capazes de fornecer uma gama de dados de distância, velocidade, aceleração, saltos, dentre outras. Apesar do avanço proporcionado, deve-se destacar que as informações geradas por esses equipamentos estão limitados a carga externa do treinamento. Dessa forma, a utilização exclusiva dessas ferramentas pode ocultar informações importantes sobre a resposta individual dos atletas à carga que lhes foi imposta.

Sendo assim, as diversas medidas possíveis de monitoramento da CT têm suas limitações inerentes e não devem ser utilizados indistintamente. Além disso, os resultados de um estudo não são diretamente transferíveis para outros esportes e artigos com diferentes metodologias.

Uma vez que não há uma ferramenta padrão ouro para medir a Carga de Treinamento sugere-se o uso de fatores externos e internos, em vez de uma medida usada isoladamente (LAZARUS et al., 2017). A escolha da melhor forma de monitorar Carga de Treinamento deve levar em consideração uma série de aspectos como nível dos atletas, recursos financeiros e a especificidade da modalidade. Uma série de ferramentas para monitoramento da Carga de Treinamento são utilizadas no voleibol, dentre elas a PSE da sessão (DEBIEN et al., 2018; TIMOTEO et al., 2021), TRIMP da frequência cardíaca (BARA FILHO et al., 2013), contagem de saltos por vídeo (BAHR; BAHR, 2014; HORTA et al., 2017), saltos por acelerômetros tri-axiais (LIMA et al., 2020), duração das sessões (VISNES; BAHR, 2013), número de sessões semanais (NESSER; DEMCHAK, 2007) e até número de oscilações de membros superiores (WOLFE et al., 2019).

#### **3.3.4 Diferentes métricas da Carga de Treinamento relacionadas às lesões**

A relação entre a Carga de Treinamento e a incidência de lesões já foi observada em diversas modalidades esportivas (ANDERSON et al., 2003; BOWEN et al., 2020; GABBETT; JENKINS, 2011; HULIN et al., 2014; TIMOTEO et al., 2021), porém é fundamental salientar que, apesar dessa associação, não se deve utilizar a Carga de Treinamento como um fator isolado para esse fim (BITTENCOURT et al., 2016). A literatura científica atual sobre o tema apoia que a necessidade de uma adequada distribuição da Carga de Treinamento, uma vez que cargas demasiadamente baixas podem não gerar o desenvolvimento psicofisiológico adequado e uma carga excessiva pode gerar, além de queda no rendimento maior risco de lesões (VERHAGEN; GABBETT, 2019). Dentro dessa perspectiva existem muitos questionamentos sobre qual a melhor forma de analisar os dados de Carga de Treinamento afim de encontrar qual a medida mais sensível e confiável para utilizar na tentativa de reduzir os riscos de lesão.

##### *3.3.4.1 Cargas Absolutas*

Os primeiros estudos abordaram a relação entre Carga de Treinamento e lesão como uma relação direta de dose e resposta, ou seja, quanto mais alta a Carga de Treinamento maior seria a incidência de lesões no esporte.(ANDERSON et al., 2003; GABBETT, 2004a). Essas cargas chamadas de agudas (ou recentes) podem refletir o atual nível de fadiga no seu sistema. Porém, altas cargas absolutas podem não ser o problema em si, mas sim a relação de variações excessivos e rápidas da carga que os atletas são expostos (SOLIGARD et al., 2016). Ainda contestando a lógica de que cargas absolutas sejam responsáveis pelo surgimento ou agravamento das lesões Veugelers et al. (2016) observaram que jogadores de futebol australiano que estavam dentro do grupo de maior Carga de Treinamento apresentaram menor risco de lesões quando comparados com o grupo de Carga baixa (VEUGELERS et al., 2016).

Tanto o treinamento em excesso, quanto o sub-treinamento podem ser fatores de risco para lesões. Existem algumas teorias que podem explicar tal relação. Primeiramente, o sub-treinamento pode deixar os atletas despreparados para as demandas da competição. Além disso, esses momentos de cargas muito baixas tendem a ser sucedidos por picos na carga de treinamento (GABBETT, 2018). Outro ponto negativo quanto às cargas sistematicamente baixas está relacionado ao desempenho esportivo, uma vez que isso poderá resultar no não desenvolvimento das qualidades físicas necessária para o melhor resultado esportivo (GABBETT, 2016).

Ainda no âmbito das cargas absolutas, uma outra possibilidade de análise está relacionada a utilização de períodos maiores, afim de observar o efeito cumulativo da demanda de treinamento, chamada carga crônica. Um estudo de Williams (2016) apontou que esta carga crônica pode descrever o acúmulo de fadiga dos jogadores, podendo levar a uma redução da capacidade de suportar ao estresse, e, portanto, uma maior probabilidade de lesão (WILLIAMS et al., 2016). Porém, outro estudo sugerem que cargas acumuladas demasiadamente baixas também podem aumentar o risco de lesões (HULIN et al., 2016b). Dentro dessa lógica cargas elevadas poderiam reduzir o risco de lesão. Hulin et al. (2014) demonstraram que altas cargas durante um período crônico de 4 semanas resultam em adaptações fisiológicas positivas que potencialmente minimizam a resposta à fadiga e, por sua vez, reduzem a probabilidade de lesões. Estes achados sugerem que altas Carga de Treinamento

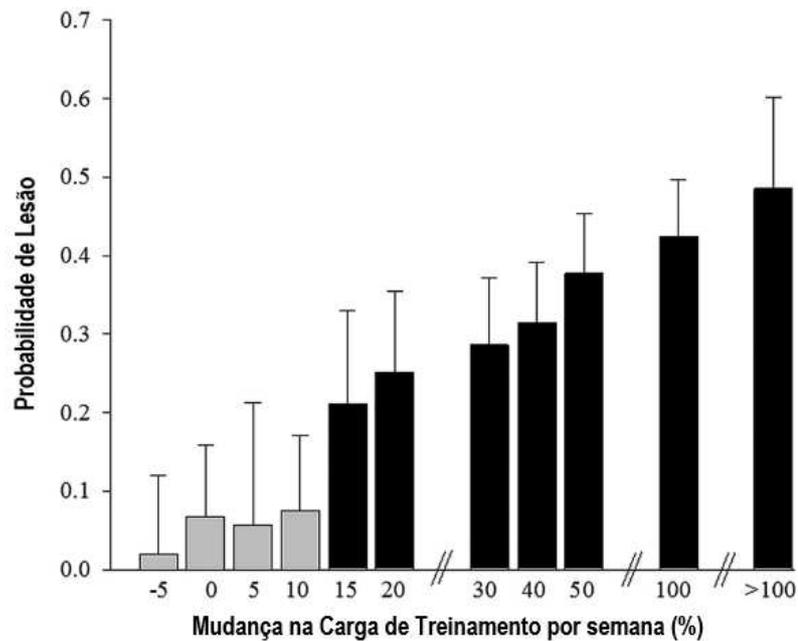
crônicas podem fornecer um efeito protetor contra lesões desde que essas cargas sejam alcançadas com segurança (GABBETT; WHITELEY, 2017; HULIN et al., 2014).

#### 3.3.4.2 Cargas Relativas

Atualmente grande parte da literatura científica tem preterido as análises de cargas absolutas descritas anteriormente e privilegiado análise de cargas relativas, principalmente observando uma série de cálculos para observar a variação das cargas. A forma mais simples de realizar isso seria a partir do simples cálculo de variação semanal apontando que não somente as cargas elevadas, mas a variação brusca (picos) da Carga de Treinamento estão associados a lesões (ROGALSKI et al., 2013; WINDT; GABBETT, 2017). Observou-se então que as mudanças de semana a semana na carga de treinamento podem ser mais preditivas do risco de lesão do que a carga de treinamento absoluta (GABBETT, 2016) (Figura 9). No futebol australiano, um aumento de pelo menos 1250 unidades arbitrárias na carga interna da semana anterior em comparação com a semana atual aumentou a probabilidade de lesão em mais de duas vezes (ROGALSKI et al., 2013). Uma regra muito utilizada na prática esportiva aponta que lesões seriam minimizadas se a atividade aumentasse em menos de 10% por semana, porém isso é na melhor das hipóteses uma diretriz prática e não uma regra (GABBETT, 2018).

A partir desse entendimento de que cargas relativas e variações bruscas da Carga de Treinamento possam ser fatores de risco para lesões resgatou-se um modelo de desempenho sugerido na década de 70 por Banister et al. (1975). Este modelo investigou o equilíbrio entre "*fitness*" (carga de treinamento crônica, normalmente a média de quatro semanas) e "fadiga" (carga de treinamento aguda, normalmente uma semana). Segundo estes autores, o desempenho de um atleta em resposta ao treinamento poderia ser estimado à partir da diferença entre uma função negativa (fadiga) e uma função positiva (*fitness*) (BANISTER et al., 1975; GABBETT; WHITELEY, 2017).

Figura 9 - Variação das Cargas de Treinamento x Probabilidade de Lesões.



Fonte: Adaptada de Gabbett (2016) em Timoteo; Debien (2019)

#### 3.3.4.3 *Acute:Chronic Workload Ratio (ACWR)*

Inspirado nesse modelo, Gabbett (2016) propôs uma razão entre Carga de Treinamento aguda e crônica denominada *Acute:Chronic Workload Ratio (ACWR)* (GABBETT, 2016). Antes, porém, a base teórica para esta métrica foi introduzida por uma publicação do mesmo grupo (HULIN et al., 2014). Essa medida é atualmente a forma mais utilizada de análise da Carga de Treinamento em estudos na prática e tem por objetivo calcular a capacidade do atleta de tolerar mudanças repentinas na carga (MAUPIN et al., 2020). Este índice está mais fortemente associado às taxas de lesões do que a Carga absoluta isolada (HULIN et al., 2014, 2016a). Dessa forma a ACWR é usada para monitorar as mudanças relativas da Carga de Treinamento que o atleta foi exposto ao longo do tempo e examinar possíveis aumentos ou diminuições rápidas que podem sugerir maior risco de lesões (ANDRADE et al., 2020).

Há um importante corpo de evidências associando ACWR e lesões esportivas. Apenas no ano de 2020 foram publicadas três revisões sistemáticas sobre o tema (ANDRADE et al., 2020; GRIFFIN et al., 2020; MAUPIN et al., 2020). Além disso, essa medida foi recomendada por outros três importantes estudos publicados recentemente: dois artigos de um Consenso do Comitê Olímpico Internacional

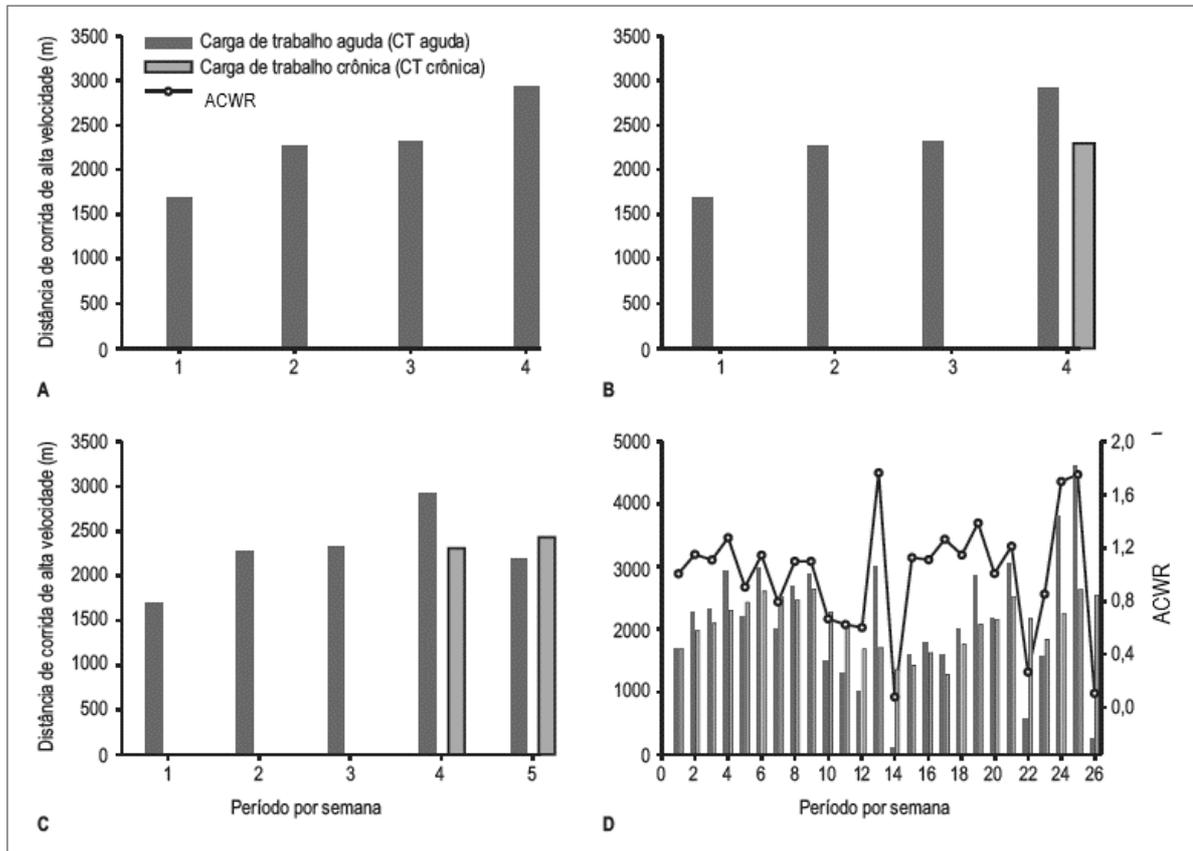
(SCHWELLNUS et al., 2016; SOLIGARD et al., 2016) e outro fruto de uma conferência em Doha, Catar com grandes especialistas da área (BOURDON et al., 2017). Apesar disso, existem questionamentos relevantes sobre a ACWR e não existe unanimidade sobre a melhor forma de realizar esse cálculo. Há atualmente diferentes abordagens para o cálculo da ACWR dentre eles destaca-se: cálculo acoplado ou desacoplado, média móvel ou média exponencial, períodos agudos e crônicos diferentes (ANDRADE et al., 2020).

#### 3.3.4.4 ACWR – Médias Móveis

A métrica mais comumente relatada nos estudos para calcular a ACWR é da proposta original (GABBETT et al., 2016), considerando um período de sete dias para definição da carga aguda e dos últimos 28 dias para carga crônica (GRIFFIN et al., 2020). Esse cálculo usa médias aritméticas simples (não ponderadas), sendo cada uma das quatro semanas é ponderada igualmente no cálculo (Figura 10). Ou seja, a ACWR por média móvel atribui o mesmo nível de importância a todas as observações na janela de tempo. Embora simples de calcular, a ponderação igual pode negligenciar que os efeitos do treinamento decaiam com o tempo, ou seja, uma lesão pode ser mais provavelmente associado à carga mais recente que a realizada semanas antes. (ANDRADE et al., 2020; WANG et al., 2020).

Em um importante estudo realizado com atletas de críquete, futebol australiano e rúgbi, Gabbett (2016) traçou zonas de maiores riscos e uma zona de segurança a partir da ACWR (Figura 11). Segundo esse modelo, quando a ACWR estava na faixa de 0,8 a 1,3 (ou seja, a Carga aguda foi aproximadamente igual à crônica), o risco de lesão foi relativamente baixo. No entanto, quando a ACWR era maior ou igual a 1,5 (ou seja, a Carga de Treinamento aguda foi muito maior que a Carga crônica), o risco de lesão aumentava exponencialmente (GABBETT, 2016). Semelhantemente, dois estudos realizados no futebol masculino, procuraram definir esse “ponto de corte” para ACWR. (MALONE et al., 2017) e sugeriram valores entre 1,00 e 1,25 associado a menor risco de lesão a partir de dados de carga interna. Da mesma forma, Jaspers et al. (2018) encontraram uma ACWR segura entre 0,85 e 1,12 para dados de carga interna e entre 0,86 e 1,12 para carga externa.

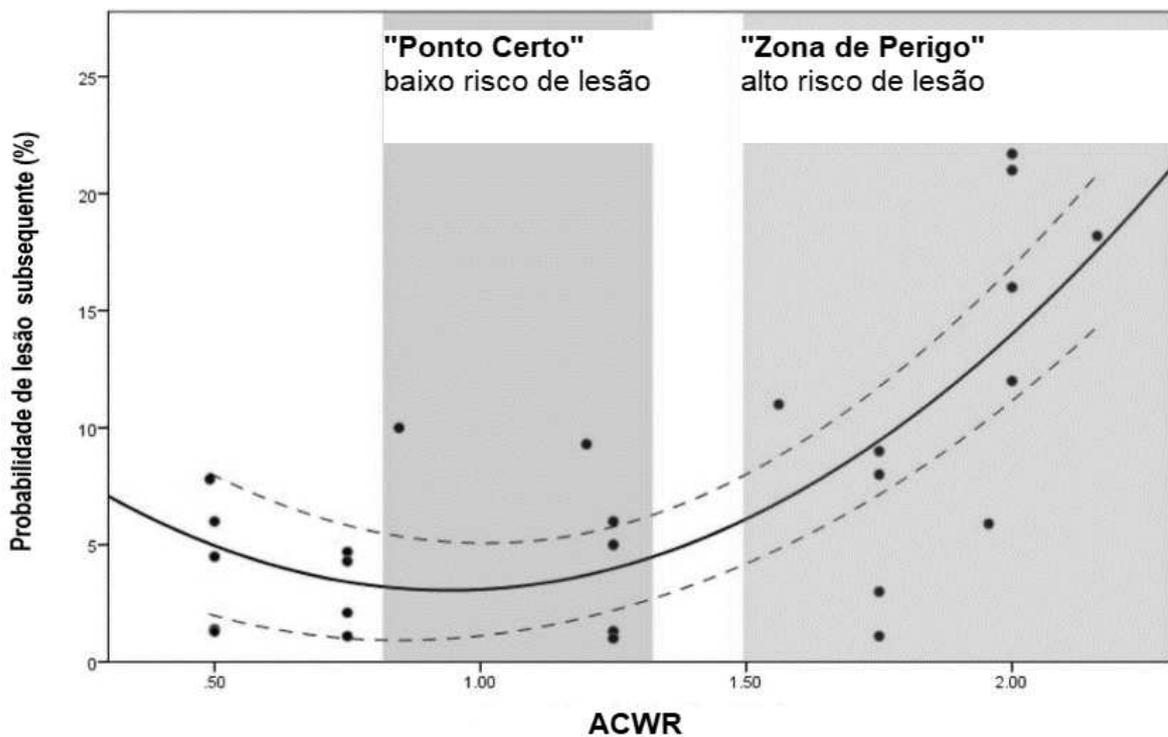
Figura 10 - Exemplo de cálculo e representação da ACWR com Carga de Treinamento (CT) aguda de 1 semana e CT crônica de 4 semanas.



Fonte: Gabbett et al. (2016) em Timoteo; Debien (2019)

No entanto, dadas as possíveis limitações da ACWR, deve-se usar essas informações com cautela pois o nível de evidência para esta recomendação ainda não é claro. Sendo assim, não é recomendado que os profissionais evitem a qualquer custo os intervalos considerados altos (COYNE et al., 2018; MAUPIN et al., 2020). Recentemente, o gráfico mencionado recebeu severas críticas por apresentar probabilidades de lesão e os riscos de lesão correspondentes a diferentes construtos de carga de treinamento (internos e externos) e extraídos de esportes diferentes (IMPELLIZZERI et al., 2019).

Figura 11 - Risco de lesão associado à ACWR. Identificação de zonas de maior e menor risco.



Fonte: Adaptada de Gabbett (2016)

#### 3.3.4.5 ACWR - Exponentially Weighted Moving Averages (EWMA)

No mesmo ano da publicação da ACWR, alguns dos questionamentos sobre a média móvel começaram a surgir. Menaspà (2016) apresentou uma situação fictícia de três diferentes distribuições de Carga de Treinamento (CT) que apresentavam exatamente o mesmo valor de ACWR. A partir disso, o mesmo destacou que o método de médias móveis não explicava a natureza decadente dos efeitos de condicionamento físico e fadiga ao longo do tempo e a não linearidade da ocorrência de lesões a partir das Cargas de Treinamento (MENASPÀ, 2016). Afim de trazer uma alternativa a essas limitações, Williams et al. (2017) sugeriram que as cargas médias fossem calculadas fornecendo mais peso para cargas recentes e menos peso para cargas no passado distante, surgindo então a “Exponentially Weighted Moving Averages” (EWMA). Dessa forma a EWMA aplica pesos exponencialmente decrescentes para cargas realizadas em cada dia anterior, de modo que as cargas realizadas no dia anterior tem maior peso se comparado ao vigésimo oitavo dia, por

exemplo (WILLIAMS et al., 2017) (Figura 12). Para a realização do cálculo utiliza-se a seguinte fórmula:

$$EWMA \text{ hoje} = \text{Carga de Treinamento hoje} \times \lambda a + ((1 - \lambda a) \times EWMA \text{ ontem})$$

Onde  $\lambda a$  é um valor entre 0 e 1 que representa um grau de decaimento calculado da seguinte forma:  $\lambda a = 2 / (N + 1)$

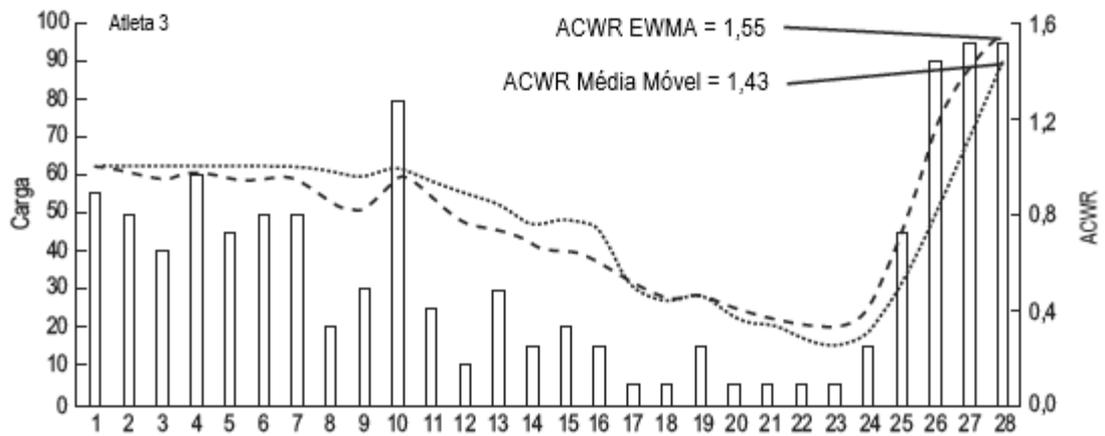
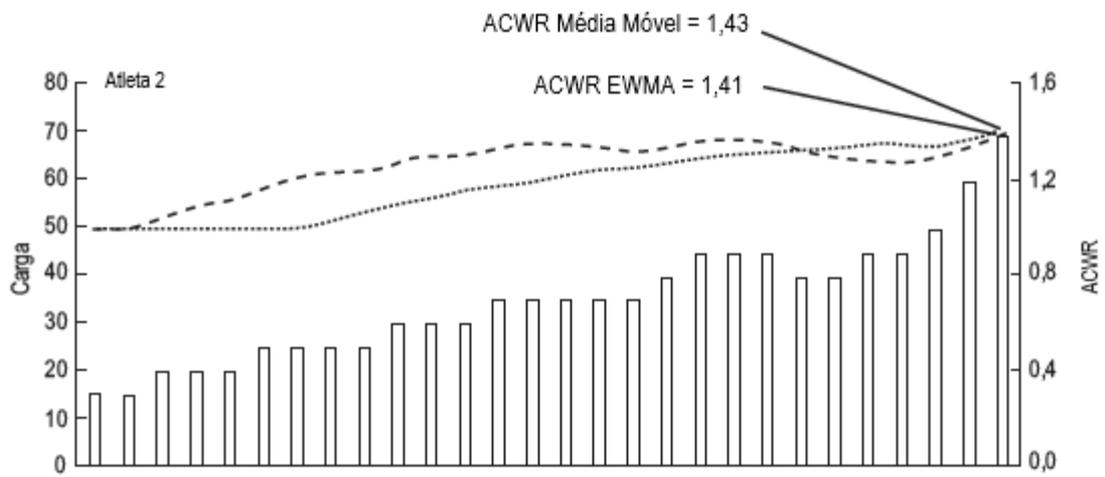
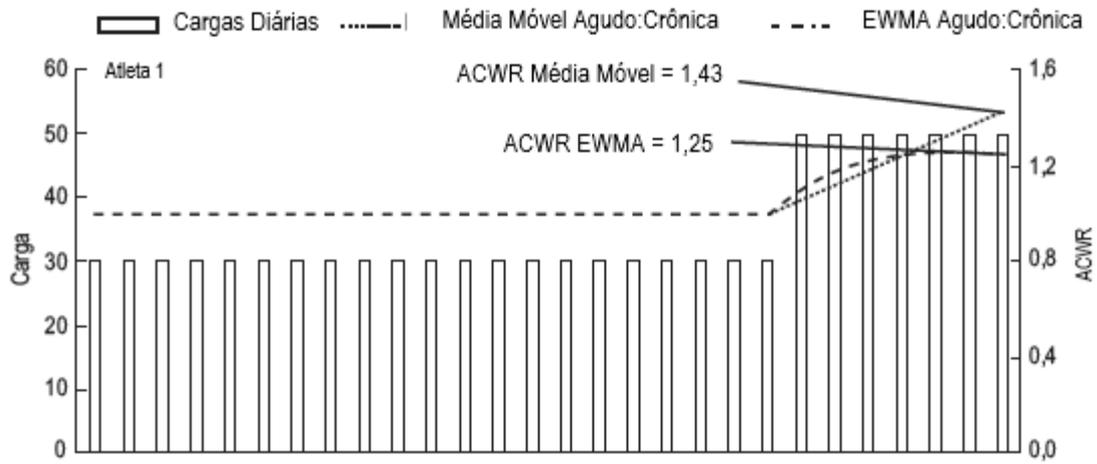
Onde  $N$  é a constante de decaimento de tempo escolhida, tipicamente 7 e 28 dias para cargas agudas ('fadiga') e crônicas ('fitness'), respectivamente.

Novas evidências tem mostrado que a EWMA pode ser uma medida mais sensível e, portanto, mais adequada que o modelo tradicional. Uma revisão sistemática relatou que há suporte para ambos os modelos de cálculo do ACWR (GRIFFIN et al., 2020).

Apesar do maior número de pesquisas examinarem o modelo de médias móveis, questiona-se se a EWMA pode ser uma medida mais adequada, devido à sua maior sensibilidade (GRIFFIN et al., 2020; MAUPIN et al., 2020; MURRAY et al., 2017). Apesar disso, aparentemente a EWMA também possui algumas limitações. O objetivo dessa métrica é fornecer às atividades mais recentes mais peso e menos às atividades mais antigas. No entanto, matematicamente, a carga inicial pode assumir um peso muito maior do que deveria. Além disso as constantes de decaimento utilizadas no cálculo são arbitrárias (WANG et al., 2020).

Constata-se então que ainda existe uma carência de estudos a respeito do modelo a EWMA em diferentes modalidades e em diferentes períodos de tempo. (GRIFFIN et al., 2020). Além disso, dificilmente um único modelo poderá se ajustar a diferentes modalidade e demandas, sendo necessário que mais investigações apontem a melhor forma de tratar as médias da ACWR, se médias móveis ou exponenciais.

Figura 12 - ACWR e EWMA de três situações hipotéticas com diferentes comportamentos das Cargas de Treinamento diárias, porém, com a mesma ACWR.

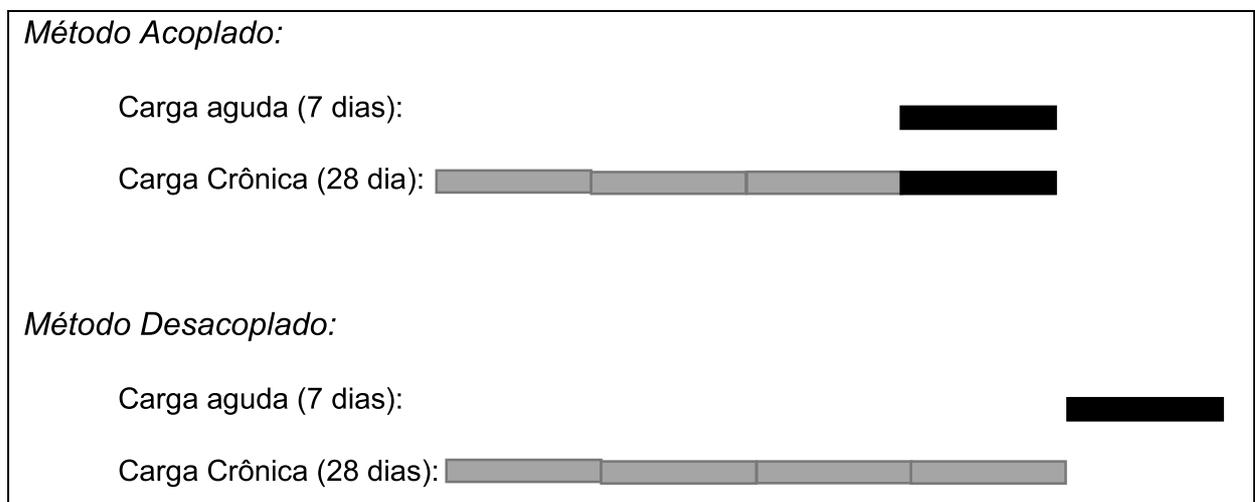


Fonte: Adaptada de Williams et al. (2017)

3.3.4.6 Método Acoplado ou Desacoplado

Outra variação nos cálculos das medidas de ACWR são referentes ao acoplamento ou desacoplamento dos dados. No método acoplado, a carga aguda (o numerador) também está incluída no cálculo da carga crônica (denominador). A alternativa para corrigir possíveis distorções deste método é excluir períodos de carga aguda no cálculo da carga crônica, ou seja, realizar o cálculo desacoplado (GABBETT et al., 2019; LOLLI et al., 2019).

Figura 13 - Exemplo de cálculo ACWR Acoplada e Desacoplada



As críticas ao modelo, originalmente proposto com os dados acoplados, apontam que tal método resultaria em uma correlação espúria, ou seja que existe um viés decorrente da associação entre duas variáveis (cargas agudas e crônicas). Outro ponto é a aparente diminuição na variabilidade da carga entre atletas, sendo o uso de uma medida desacoplada capaz de remover a correlação e aumentar a variabilidade entre atletas (LOLLI et al., 2019). Ainda não há consenso sobre o assunto, sendo que alguns estudos assinalam que o acoplamento não é a escolha metodológica mais importante, pois identificou-se uma proporção semelhante de associações usando uma abordagem acoplada e desacoplada (DALEN-LORENTSEN et al., 2021; WINDT; GABBETT, 2019). Semelhantemente, um estudo examinou a associação entre ACWR acoplado e desacoplado e risco de lesão em um grupo de jogadores de elite de críquete e encontrou uma relação quase perfeita ( $R^2 = 0,99$ ) entre os dois métodos acopladas ou desacopladas (GABBETT et al., 2019).

#### 3.3.4.7 *Definição dos Períodos Utilizados na ACWR*

Outro ponto de divergência no cálculo da ACWR está na definição dos períodos agudos e crônicos. Quando proposto inicialmente utilizou-se 7 dias para a carga aguda e 28 dias para a carga crônica, sendo que ainda hoje, grande parte dos estudos seguem esse padrão (ANDRADE et al., 2020; GRIFFIN et al., 2020). Esta definição dos períodos de Carga de Treinamento são baseados na duração de microciclos semanais (carga aguda) e mesociclos mensais (carga crônica).

Atualmente, há um direcionamento que estes períodos devem ser adaptados para cada modalidade de acordo com o calendário e as características específicas da mesma (CAREY et al., 2018; TYSOE et al., 2020). Sugere-se que em esportes que requerem uma adaptação fisiológica significativa (triátlon, maratona) utilize-se uma duração da carga crônica maior, enquanto em competições com agenda fixa (basquete, futebol) utilize-se um períodos mais curto (GABBETT; WHITELEY, 2017). Em oposição aos valores mais usados de 7 e 28 dias, Tysoe et al. (2020) apontaram que períodos agudos e crônicos de 9 e 21 dias, respectivamente, foram considerados mais sensíveis ao risco de lesões em jogadores de críquete (TYSOE et al., 2020). Já em um grupo de jogadores de futebol australiano, períodos agudos: crônicos de 3:21 e 6:28 explicaram melhor os fatores de risco (CAREY et al., 2017).

#### 3.3.4.8 *Período Latente*

O período latente de lesão pode ser entendido como o tempo entre o início biológico de uma lesão e o tempo dos primeiros sintomas (DREW; COOK; FINCH, 2016). Entende-se que a prescrição inadequada da Carga de Treinamento em um determinado dia pode influenciar o risco de lesão do atleta por até um mês (ORCHARD et al., 2009). Sendo assim, o uso de um período latente seria importante para minimizar efeitos negativos após um pico de Carga. Nestes momentos pode ser necessária uma intervenção precoce, seja reduzindo a carga semana-a-semana, alterando a magnitude do ACWR ou ao menos monitorando o atleta nesse período pós aumento da demanda. Semelhantemente a outros pontos de divergência sobre

Carga de Treinamento e sua relação com lesões, o período de latência pode ser adaptado de acordo com as especificidades de cada esporte (ANDRADE et al., 2020). O tipo de tecido lesionado também deve ser levado em consideração para definição de períodos de latência. Orchard et al. (2015), sugeriram que diferentes lesões (musculares, tendíneas, articulares e ósseas) podem ser afetadas de formas distintas pela Carga de Treinamento tendo períodos de latência também distintos.

#### *3.3.4.9 Cálculo da ACWR a partir de diferentes ferramentas e métricas*

Um dificultador na comparação dos dados de ACWR em diferentes estudos está em qual a variável utilizada para realizar o cálculo. Pode-se utilizar para o cálculo de cargas aguda e crônicas tanto variáveis de carga interna, quanto de carga externa de treinamento. Utiliza-se em grande parte dos estudos dados do GPS para aferir a carga externa (BOWEN et al., 2020; CAREY et al., 2017) e a PSE da sessão como medida de carga interna (TIMOTEO et al., 2021; VEUGELERS et al., 2016). É importante salientar que esses resultados não são intercambiáveis devido a heterogeneidade dos resultados. Por exemplo, não se pode comparar a ACWR calculada por número de lançamentos de bola do críquete (TYSOE et al., 2020) com a ACWR calculada a partir da distância total mensurada com GPS no futebol (BOWEN et al., 2020).

Como visto anteriormente há uma grande variação entre métodos para o cálculo da ACWR não havendo padrão-ouro (IMPELLIZZERI et al., 2020a). Sendo assim, é necessário identificar para cada modalidade qual medida é sensível na identificação de fatores de risco e quais são mais úteis para controlar o desempenho. Entre uso de média móvel ou exponencial, análise acoplada ou desacoplada, diferentes períodos de carga aguda e crônica, período latente ou utilização de Carga de Treinamento interna ou externa, cada esporte deve buscar a medida mais sensível aos seus objetivos.

#### *3.3.4.11 Críticas à ACWR*

Recentemente, a ACWR vem recebendo diversas críticas, sendo questionadas suas evidências, assim como seus aspectos metodológicos de cálculo e análise (IMPELLIZZERI et al., 2020c, 2020d, 2020b; IMPELLIZZERI; COUTTS; MCCALL, 2021). Primeiramente, questiona-se o uso de uma razão ou proporção. Embora o ACWR atue como um marcador baseado em variações da atividade, a medida é na verdade uma proporção (isto é, a quantidade que uma parte representa em relação ao todo), ao invés de uma medida de mudança (MAUPIN et al., 2020). O método da razão também torna difícil determinar se qualquer relação observada entre o ACWR e a lesão é devida à própria razão, ao denominador de carga crônica ou a ambos (WANG et al., 2020). Essa discussão não é apenas pertinente quando faz-se a análise dos dados acoplados. Mesmo descartando a carga aguda no denominador a falha no uso de razões simples poderiam introduzir um ruído não fisiológico comprometendo uma quantificação confiável da Carga de Treinamento (IMPELLIZZERI et al., 2020e).

Outra crítica apontada por Impellizeri et al. (2020b) está em uma possível ausência de base conceitual. Segundo os autores essa medida não reflete, matematicamente ou conceitualmente, o conceito original do modelo *Fitness:Fadiga* (BANISTER et al., 1975). Destaca-se ainda que o mesmo foi criticado pela falta de um suporte fisiológico, o que dificultaria a vinculação do modelo a etiologia de lesões (IMPELLIZZERI et al., 2020b). Importante destacar que a proposta da ACWR é baseada em conceitos do modelo e não uma replicação do mesmo.

ACWR poderia ainda desconsiderar o “*tapering*”. Esse termo representa o período próximo a competição em que ocorre uma redução proposital das Cargas justamente na tentativa de melhorar a recuperação e reduzir o risco de lesão dos atletas (MUJIK, 1998). Sendo assim a ACWR calculada, seja por Médias Móveis ou pela EWMA, poderia ser alta devido à redução das cargas, podendo ser mau preditor de risco de lesões nesse momento (WANG et al., 2020).

Outro ponto discutível nos estudos a respeito da ACWR é referente às escolhas metodológicas para os desfechos analisados. Embora os estudos sejam em sua maior parte descritivos e, por vezes, preditivos, as associações encontradas entre o ACWR e o risco de lesões têm sido frequentemente usadas para sugerir ou recomendar que a Carga de Treinamento seja manipulada para reduzir o risco de lesões. Esses desenhos de estudo não são adequados para estabelecer uma relação de causa e efeito (IMPELLIZZERI et al., 2020b). Recentemente foi publicado o primeiro ensaio

clínico randomizado que investiga o efeito do gerenciamento individual de cargas de treinamento sobre o risco de problemas de saúde no esporte (DALEN-LORENTSEN et al., 2021). Não foi observado neste estudo diferença entre os grupos, sugerindo que esta intervenção específica de gerenciamento de carga não teve sucesso na prevenção de problemas de saúde em jogadores de futebol juvenil de elite.

Apesar dessas limitações já reconhecidas pelos autores da ACWR, trata-se de uma métrica amplamente utilizada e com bom nível de evidência. Uma revisão sistemática recente aponta que 90% dos estudos analisados mostraram uma associação positiva entre ACWR elevada e altos riscos de lesão (ANDRADE et al., 2020). Dessa forma as críticas matemáticas ao modelo não são, a priori, motivo para abandonar a utilização da ACWR.

### **3.3.5 Carga de Treinamento e Lesões no Voleibol**

Apesar de uma vasta literatura sobre o monitoramento da Carga de Treinamento no voleibol (BARA FILHO et al., 2013; CAETANO et al., 2014; DEBIEN et al., 2018; HORTA et al., 2020; LIMA et al., 2020), pouco se sabe ainda sobre a relação desses dados com as lesões na modalidade. Até a presente data há apenas um estudo que avalia o risco de lesão relacionado às cargas de treinamento interna e externa e seus desdobramentos (ACWR, monotonia, strain) no voleibol (TIMOTEO et al., 2021). Neste estudo os maiores riscos de lesão foram relacionados à ACWR elevada e recuperação insuficiente.

Antes disso, outras três pesquisas realizaram análises mais simples utilizando apenas medidas de carga externa. A primeira delas monitorou a carga de jogadoras universitárias do sexo feminino, contabilizando apenas com o número de sessões em um período curto de duas semanas de pré-temporada (NESSER; DEMCHAK, 2007). Outro estudo com atletas de ensino médio de ambos os sexos apontaram para um aumento do risco de lesão associado ao altos volumes de treinamento. Este volume de treinamento foi coletado através do auto-relato dos atletas referente ao número de horas em diferentes tipos de treinamento e número de sets em jogos (VISNES; BAHR, 2013). Da mesma forma Bahr; Bahr (2014) realizaram uma pesquisa em um grupo semelhante de jovens atletas durante o período de apenas uma semana. Estes

relacionaram uma única medida de carga externa (frequência de saltos) com o aumento do risco de lesão específica. Destaca-se ainda que os dois estudos citados anteriormente se limitaram a análise de apenas uma lesão específica: tendinopatia patelar (BAHR; BAHR, 2014; VISNES; BAHR, 2013) .

### 3.4 PRÉ-TEMPORADA

Um período particularmente importante quando se trata de lesões esportivas relacionadas ao treinamento é o período preparatório, também chamado de pré-temporada. Durante este momento, os treinadores geralmente implementam uma rotina de condicionamento e treinamento, com objetivo de preparar ao máximo seus atletas para a temporada competitiva (TRAJKOVIĆ et al., 2012). A pré-temporada é de extrema importância, uma vez que representa um período em que o atleta pode ter seu condicionamento apurado sem a preocupação imediata de resultados competitivos. Durante a temporada competitiva, é difícil prescrever um estímulo de treinamento suficiente para melhorar o condicionamento físico, já que é necessário tempo para permitir a recuperação entre as partidas (GAMBLE, 2006). Assim, a pré-temporada é vista como um período crucial para desenvolver qualidades físicas para atender o nível exigido de demandas físicas durante o jogo (MURRAY; GABBETT; TOWNSHEND, 2017).

Observa-se frequentemente em esportes coletivos que esse período preparatório está relacionado às elevadas intensidades e volumes de treinamento (CROSS et al., 2016; GABBETT, 2004b). Por um lado, este fato pode permitir que os jogadores alcancem altas cargas crônicas de treinamento, e desenvolvam capacidades físicas associadas à diminuição dos riscos reduzidos de lesões (HULIN et al., 2016b). Por outro, a elevada Carga de Treinamento podem também representar um aumento do risco de lesões (TIMOTEO et al., 2021). Um estudo no rúgbi mostrou que a redução da carga de treinamento pode resultar na redução da taxa de lesões e a melhora da capacidade física dos atletas (GABBETT, 2004b).

No voleibol esse cenário não é diferente, sendo comum na pré-temporada o uso de cargas intensificadas (FREITAS et al., 2015), por vezes, sendo até mais elevadas do que na própria temporada competitiva (DEBIEN et al., 2018; TIMOTEO

et al., 2021). Essas cargas elevadas, associados ao tempo muitas vezes limitado, podem levar a uma recuperação inadequada e lesões na modalidade (NESSER; DEMCHAK, 2007; TIMOTEO et al., 2021).

Dessa forma, salienta-se a importância de um efetivo planejamento, monitoramento e controle da carga de treinamento no período preparatório. Assim pode-se proporcionar ao atleta um estímulo suficiente para que haja melhora da sua capacidade física sem que haja prejuízo do desempenho e aumento do risco de lesão durante o período competitivo.

Nesse contexto tem surgido uma pertinente discussão a respeito do impacto da Cargas de Treinamento da pré-temporada sobre desempenho e risco de lesões, não somente durante este momento, mas seus efeitos tardios durante o período competitivo. Ou seja, questiona-se se há uma relação entre o treinamento no período preparatório e o desempenho e lesões durante o restante da temporada (MURRAY; GABBETT; TOWNSHEND, 2017; WINDT et al., 2017).

Esse assunto foi introduzido por Windt et al. (2017) em um estudo realizado com atletas de rúgbi. Nessa pesquisa, os jogadores com maior participação na pré-temporada apresentaram menor probabilidade de lesão ao longo da temporada competitiva. Além do risco de lesão, os jogadores que participaram de um número maior de sessões completas de pré-temporada completaram mais sessões de treinamento durante a temporada e perderam menos jogos devido a lesões (WINDT et al., 2017).

Semelhantemente, um estudo realizado com jogadores de futebol australiano, apontou que o grupo com maior participação nos treinamentos durante a pré-temporada completou uma proporção maior de sessões de treinamento e partidas na temporada competitiva. Além disso, essa pesquisa aponta que uma maior CT durante a temporada está positivamente associada a uma maior disponibilidade de partidas (MURRAY; GABBETT; TOWNSHEND, 2017). Sendo assim, existe a necessidade de desenvolver estratégias para maximizar a participação no treinamento de pré-temporada, pois isso pode contribuir para uma maior proporção do elenco disponível para treinamento e seleção durante a fase competitiva da temporada (MURRAY; GABBETT; TOWNSHEND, 2017).

Existem algumas teorias que visam explicar o motivo pelo qual a maior participação na pré-temporada pode estar relacionada a redução do risco de lesão no período competitivo. Primeiramente, um período preparatório eficaz pode gerar a melhora da capacidade dos atletas que os tornariam mais capazes de tolerar o estresse da competição (WINDT et al., 2017). Este efeito pode estar relacionado a manutenção de um carga crônica alta, que já foi listada como fator protetor contra lesões esportivas (HULIN et al., 2016b). Além disso, os jogadores que participam de uma proporção maior de sessões de treinamento da pré-temporada também podem estar melhor preparados mental e taticamente. Outra possibilidade é que o aumento da participação na pré-temporada pode simplesmente identificar jogadores que são inerentemente mais resistentes a lesões e, portanto, mais propensos a lidar com a Carga de Treinamento da pré-temporada e os rigores da temporada competitiva (WINDT et al., 2017).

Importante destacar que esses achados não devem ser interpretados como uma justificativa para a utilização indiscriminada da Carga de Treinamento elevada durante a pré-temporada. Ao invés disso, o treinamento da pré-temporada deve ser conduzido de forma que os jogadores possam participar na maior proporção possível de sessões (WINDT et al., 2017). Isso é especialmente pertinente, dado a alta incidência de lesões durante o período da preparatório parcialmente atribuída à Carga de Treinamento (GABBETT, 2004b; TIMOTEO et al., 2021). Deve-se ressaltar ainda que a Carga de Treinamento da pré-temporada deve ser planejada respeitando o princípio da progressão da carga. Um dificultador durante este período está relacionado ao tempo de preparação que em grande parte dos casos é insuficiente para o acréscimo gradativo da CT (GABBETT, 2020).

Ainda existem algumas lacunas no entendimento a respeito da relação da pré-temporada sobre risco de lesão e disponibilidade de atletas durante o período competitivo. Os estudos publicados sobre o tema se limitam a analisar dados da carga externa utilizando o GPS. O monitoramento da carga interna pode fornecer uma visão mais detalhada da Carga de Treinamento e subsequente relação carga-lesão dos atletas. Incluir, então, cargas internas, maiores números de lesões, mais jogadores e outras modalidades podem proporcionar um melhor entendimento sobre o assunto (MURRAY; GABBETT; TOWNSHEND, 2017; WINDT et al., 2017). Até a presente data

não foram encontrados estudos em atletas de voleibol que investiguem o impacto da pré-temporada sobre o período competitivo.

#### **4. MÉTODOS**

#### 4.1 AMOSTRA

A amostra foi composta por 43 jogadores de voleibol do sexo masculino ( $23,0 \pm 5,2$  anos,  $192,9$  cm,  $88,9 \pm 12,2$  kg) integrantes de uma equipe que disputava torneios de nível nacional no Brasil durante três temporadas (2 temporadas na Superliga Nacional, 1 temporada na Superliga B). Foram excluídos da análise os atletas que permaneceram na equipe por um período menor ou igual a 3 meses de sua respectiva temporada. Dos 43 atletas, 14 na temporada 1 (T1), 16 na temporada 2 (T2) e 13 na temporada 3 (T3), apenas um esteve presente nos 3 anos, enquanto quatro participaram de duas temporadas analisadas.

#### 4.2 PROCEDIMENTOS ÉTICOS

Após a apresentação da proposta do estudo, os atletas consentiram em participar voluntariamente e permitiram a utilização e a divulgação das informações. O projeto desta tese foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Juiz de Fora sob o parecer nº 4.259.798 (ANEXO A). Depois da aceitação do convite, todos os atletas assinaram Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO B) consentindo sua participação de forma voluntária.

#### 4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

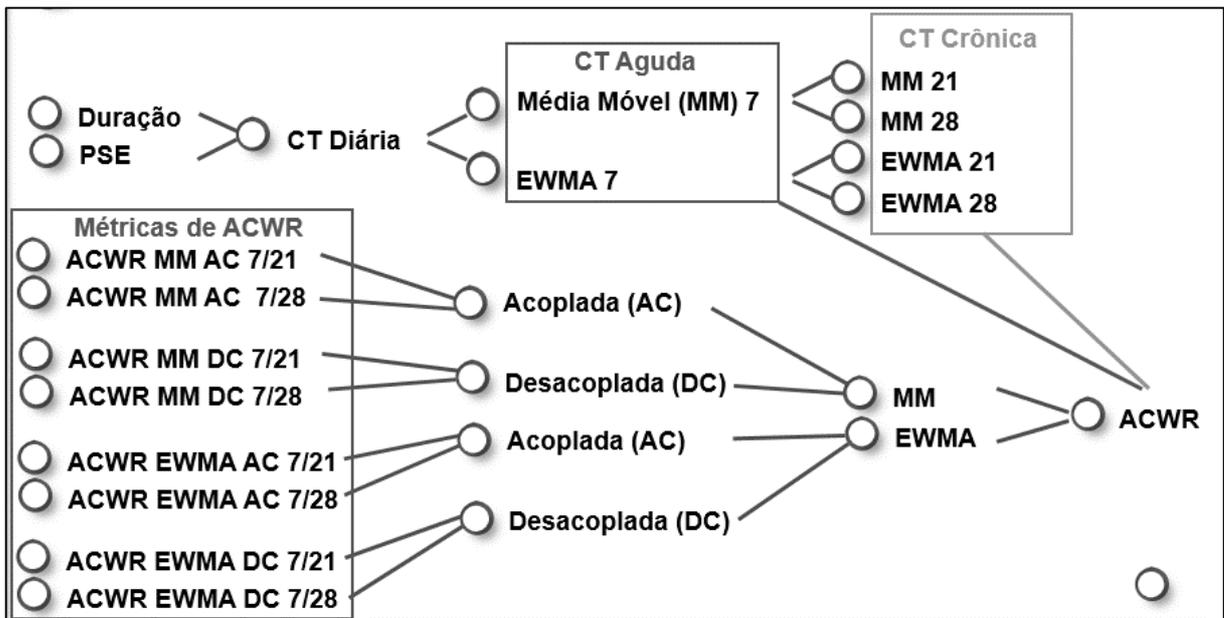
Trata-se de um estudo longitudinal, prospectivo e observacional realizado durante três temporadas de uma equipe profissional de voleibol masculino. Foram coletados diariamente os dados referente a Carga de Treinamento e lesões. Nestes três períodos, as 13 primeiras semanas eram consideradas como período preparatório. A fase competitiva foi composta de 20 semanas na temporada 1, 22 semanas na temporada 2 e 30 semanas na temporada 3 (Figura 14).

Figura 14 – Divisão de Períodos durante as Três Temporadas avaliadas no estudo



A partir dos valores diários de Carga de Treinamento foram calculadas uma série de métricas.

Figura 15: Métricas de Carga de Treinamento avaliadas no estudo



A partir do registro diário de lesões foi calculada a incidência individual representada pelo número de lesões a cada 1000 horas de treinamentos e/ou jogos. Foram ainda registradas todas as ausências de atletas em treinamentos e jogos nos diferentes momentos das temporadas.

#### 4.4 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS

##### 4.4.1 Monitoramento da Carga de Treinamento

A Carga Interna de Treinamento foi quantificada pelo método Percepção Subjetiva do Esforço (PSE) da sessão proposto por Foster et al. (2001) a partir da multiplicação do tempo de treinamento, em minutos, pelo escore da escala de PSE de 0 a 10 pontos, conforme o ANEXO C. O escore da PSE e a duração isolados também foram utilizados afim de mensurar a intensidade e duração do treinamento. Trinta minutos após o final do treino, os atletas respondiam a escala através da pergunta: “Como foi sua sessão de treino?”. Quando há mais de uma sessão de treinamento no dia, as cargas são somadas gerando a carga diária. O monitoramento da Carga de Treinamento foi em todas as sessões de treinos e jogos Os dias de folga eram contabilizados como Carga de Treinamento diária igual a zero.

#### **4.4.2 Registro de Lesões**

Considerou-se lesão como qualquer queixa musculoesquelética ocorrida recentemente devido a competição e/ou treinamento que recebeu atenção médica, independentemente das consequências com relação à ausência de competição ou treinamento (BERE et al., 2015; FIVB MEDICAL COMMISSION, 2010). Coube aos membros do departamento médico (1 médico e 2 fisioterapeutas) o diagnóstico e registro de todas as lesões. As lesões foram registradas e classificadas de acordo com Formulário de Vigilância de Lesões proposto pela Federação Internacional de Voleibol (FIVB MEDICAL COMMISSION, 2010).

#### **4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA**

A incidência de lesões foi calculada a partir do número de lesões a cada 1000 horas de treinamento. Utilizou-se a estatística descritiva para os dados referentes as lesões, sendo apresentados em valores absolutos e porcentagens. O pressuposto de normalidade foi avaliado por meio do teste de Shapiro Wilk. A comparação da incidência de lesões e das variáveis de Carga de Treinamento em diferentes períodos foram realizadas por meio de modelo linear generalizado com parâmetros calculados a partir de equação de estimativa generalizada (GEE) e post-hoc de Bonferroni.

Para os cálculos de correlação entre “número de sessões de treinamento durante a pré-temporada” e “porcentagem de jogos perdidos devido à lesões”, assim

como para as correlações entre variáveis de Carga de Treinamento, “disponibilidade dos atletas” e “porcentagem de treinos realizados na pré-temporada” utilizou-se a Correlação de Spearman sendo categorizados da seguinte forma: 0 e 0,1= trivial; entre 0,1 e 0,3= pequena; entre 0,3 e 0,5= moderada; entre 0,5 e 0,7= grande; entre 0,7 e 0,9= muito grande e entre 0,9 e 1= quase perfeito (HOPKINS, 2002).

A razão de chances de lesão associada às diferentes métricas de Carga de Treinamento foram estimadas por meio de modelos logísticos com parâmetros calculados a partir de equação de estimativa generalizada (GEE). Para esta estimativa a ocorrência de lesão foi calculada para diferentes categorias: Muito Baixa ( $\leq 2.00$  do score Z); Baixa ( $2.00 \leq a < 1.00$  do score Z); Baixa à Moderada ( $1.00 < a \leq 0$  do score Z); Moderada à Alta ( $0 \leq a < 1.00$  do score Z); Alta ( $1.00 \leq a < 2.00$  do score Z); Muito Alta ( $\geq 2.00$  do score Z). Para cada uma destas cada sessão (treino ou jogo), para cada atleta, foi utilizada como variável resposta e cada métrica de Carga de Treinamento como variável de predição para seu respectivo modelo.

A categorização das quatro principais medidas de ACWR foram baseados no score Z, sendo divididas em: Muito Baixa ( $\leq 2.00$  do score Z); Baixa ( $2.00 \leq a < 1.00$  do score Z); Baixa à Moderada ( $1.00 < a \leq 0$  do score Z); Moderada à Alta ( $0 \leq a < 1.00$  do score Z); Alta ( $1.00 \leq a < 2.00$  do score Z); Muito Alta ( $\geq 2.00$  do score Z). Para cada uma das faixas, calculou-se o número de lesões, número de sessões, número de lesões por sessão e probabilidade de lesões estimada a partir dos modelos obtidos, além dos valores de ACWR.

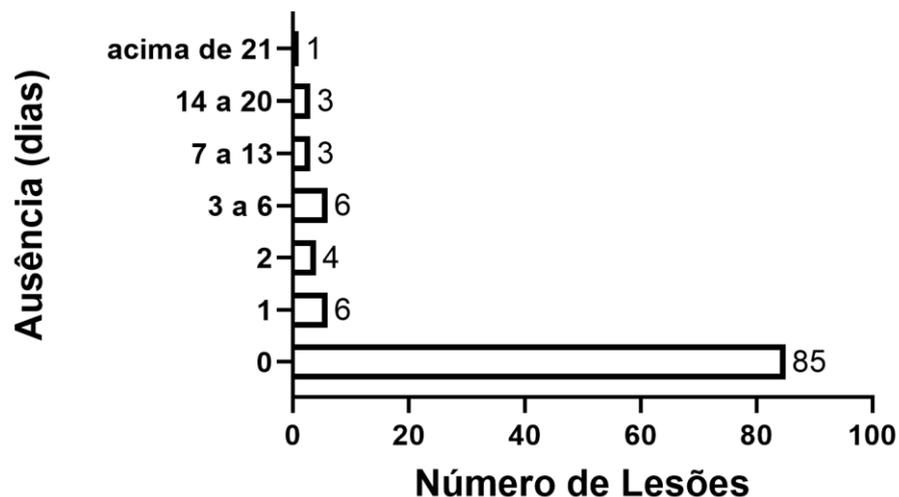
Foi utilizado o Software R 3.5.1 e adotado sendo adotado nível de significância de 5%.

## 5. RESULTADOS

Foram contabilizadas 13283 horas (T1= 5428 h; T2= 4295 h; T3= 3560 h), durante 8021 sessões (T1= 3162; T2= 2980; T3= 1879 sessões) individuais de treinamentos e jogos. Neste período, aconteceram 108 lesões (T1= 48; T2= 29; T3= 31) gerando uma incidência total de 8,13 lesões/1000 h (T1= 8,84; T2= 6,75; T3= 8,70).

A maior parte das lesões (78,7%, 85 lesões) não resultaram na necessidade afastamento dos atletas em jogos ou treinamentos, ou seja, os atletas, em sua maioria, permaneciam participando das atividades esportivas enquanto eram assistidos pelos profissionais de saúde (Figura 16).

Figura 16 – Número de lesões classificadas quanto a quantidade de dias de afastamento de sessões de treinamentos jogos

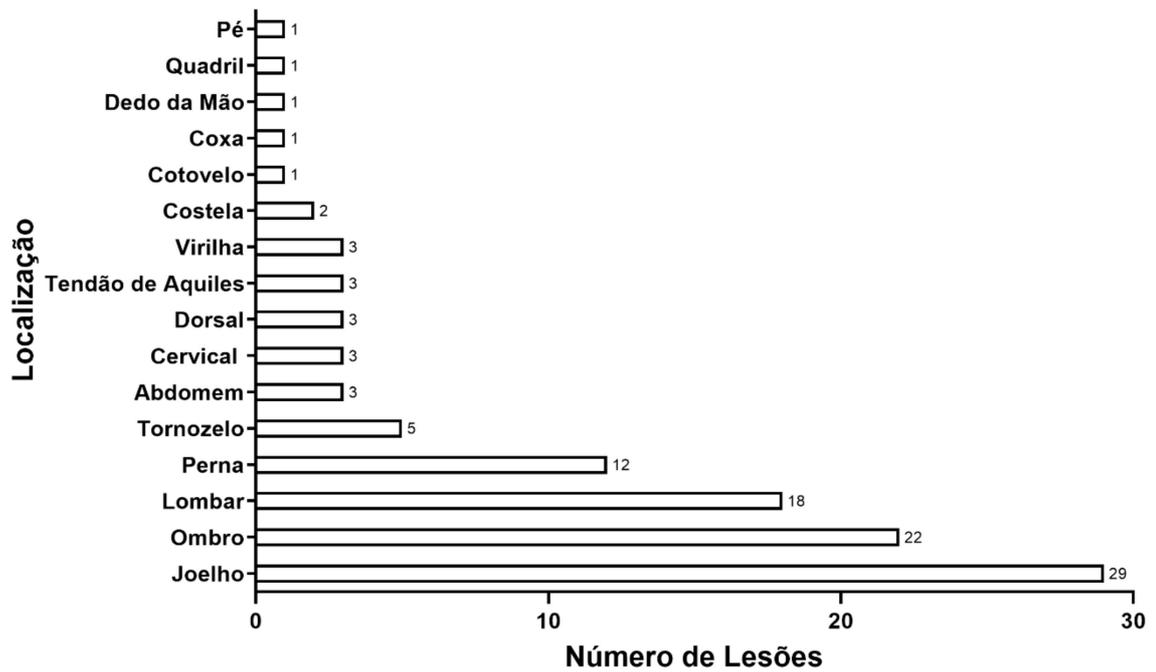


Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Quanto a causa das lesões, 93,51% foram relacionadas a sobrecarga (77 lesões de aparição gradual e 24 lesões de aparição súbita). Apenas 6,48% das lesões (7 lesões) foram causadas por trauma sem contato. Vale ressaltar que não foram contabilizadas no presente estudo as lesões por contato.

Os segmentos corporais mais acometidos por lesões foram joelho (29 lesões), ombro (22 lesões), coluna lombar (18 lesões) e perna (12 lesões) representando 75% do total de lesões do estudo (Figura 17).

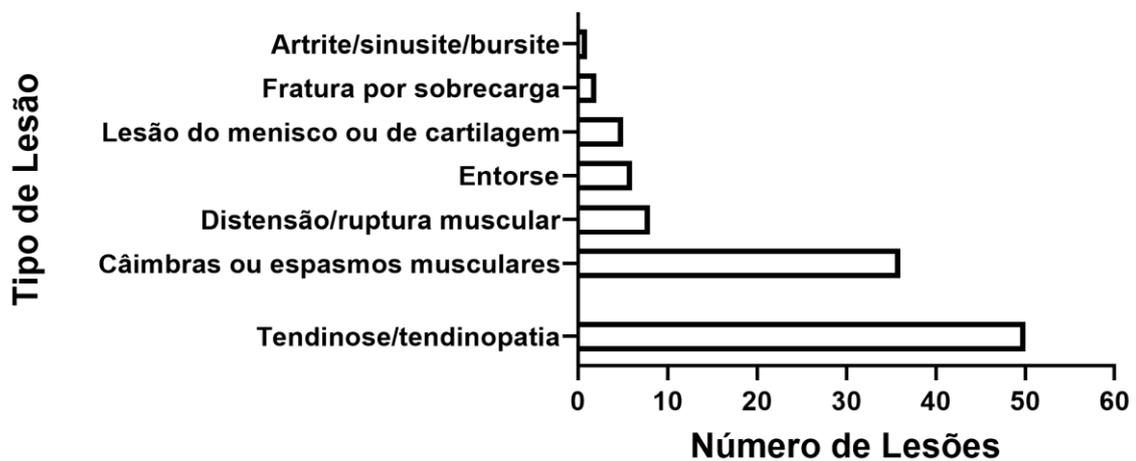
Figura 17 – Número de lesões classificadas quanto a localização



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Os diagnósticos de lesões mais encontrados foram a tendinose/ tendinopatia (46,29% - 50 lesões), seguido das câimbras ou espasmos musculares (33,33% - 36 lesões) (Figura 18).

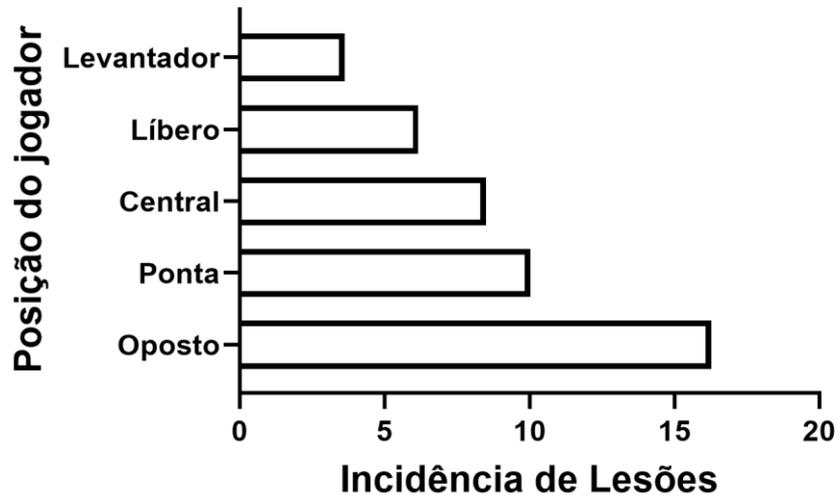
Figura 18 – Número de lesões classificadas quanto ao tipo



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

A partir do entendimento das especificidades de cada posição no voleibol, observou-se uma maior incidência de lesões entre os opostos, seguido de pontas e centrais (Figura 19).

Figura 19 – Incidência de lesões classificadas quanto à posição em quadra



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Comparando os períodos observou-se uma maior incidência de lesões na pré-temporada ( $10,85 \pm 10,80$  lesões/1000 h), quando comparado ao períodos competitivo ( $5,84 \pm 8,21$  lesões/1000 h) ( $p=0,017$ ). Semelhantemente às variáveis de Carga de Treinamento (duração, carga diária, carga semanal) também mostraram-se superiores durante a pré-temporada quando comparado ao período competitivo. Ou seja a duração das sessões de treinamentos foram maiores nesse período inicial assim como as variáveis de Carga Interna de Treinamento, tanto numa análise semanal, quanto diária (Tabela 1).

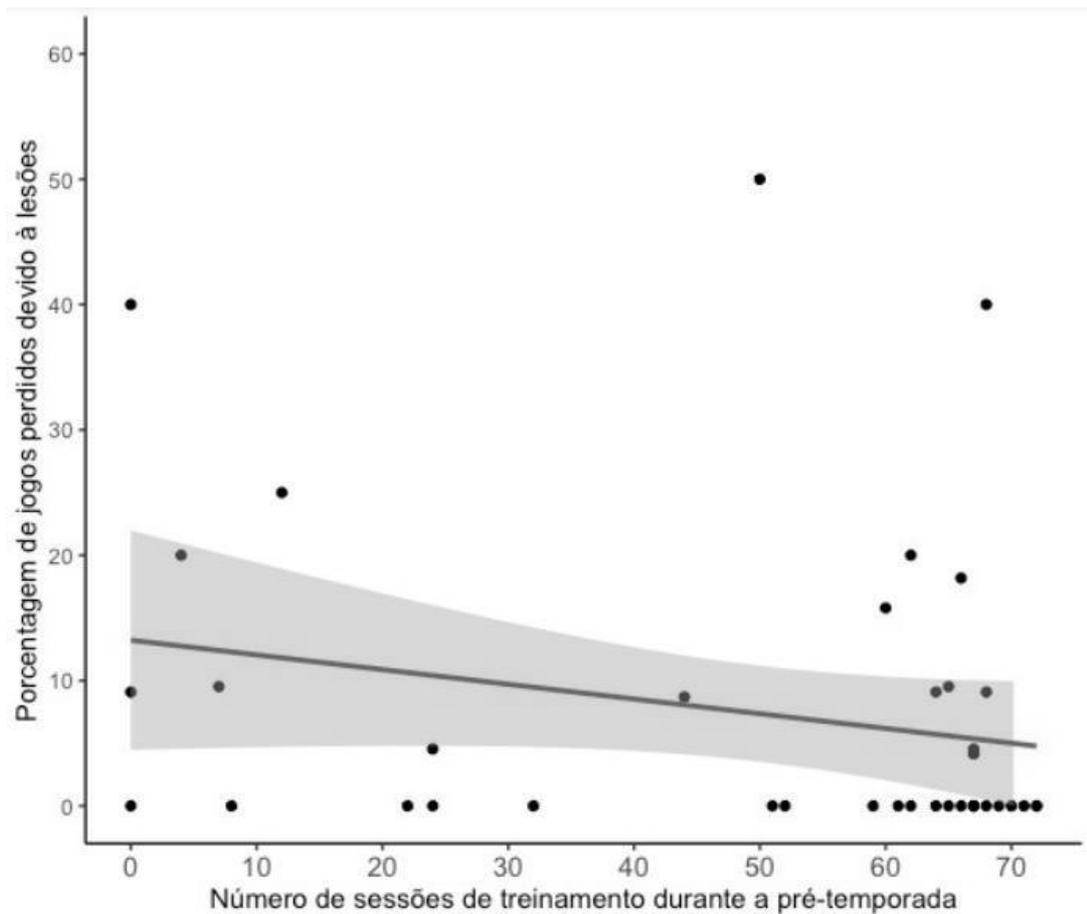
Ainda no que se refere a pré-temporada e período competitivo, buscou-se observar o possível impacto deste período preparatório sobre a ausência de atletas em jogos em decorrência de lesões. Foi encontrada uma tendência negativa entre o “número de sessões de treinamento durante a pré-temporada” e “porcentagem de jogos perdidos devido à lesões” (Correlação de Spearman:  $\rho = -0,28$  - pequena,  $p=0,06$ ) (Figura 20). Ou seja, quanto mais treinamentos os atletas são submetidos na pré-temporada, menos jogos eles perderiam devido a lesões.

Tabela 1 – Comparação entre Incidência de lesões, duração, carga diária e carga semanal durante a pré-temporada e período competitivo

	<b>Pré-temporada</b>	<b>Período Competitivo</b>	<b>P valor</b>
Incidência de lesões (lesões/ 1000h)	10,85 ± 10,80	5,84 ± 8,21	0,0176
Duração (min)	111,40 ± 14,50	92,7 ± 18,70	<0,0001
Carga Diária (UA)	483,00 ± 93.30	379,00 ± 96.40	<0,0001
Carga Semanal (UA)	3235,00 ± 678,00	2644,00 ± 661,00	0,0001

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Figura 20 – Correlação entre “número de sessões de treinamento durante a pré-temporada” e “porcentagem de jogos perdidos devido à lesões”



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Realizou-se ainda a comparação entre a dados da pré-temporada e do período competitivo no intuito de observar de que forma esse período inicial de treinamentos

poderia impactar no restante da temporada (Tabela 2). Neste sentido foi calculado a porcentagem de participações dos atletas no treinamento da pré-temporada dentro de um total de sessões realizadas neste período. Este dados somente foram correlacionados à duração das sessões deste mesmo período. Ou seja, a maior porcentagem de participação de treinamentos na pré-temporada não teve relação com os dados de Carga de Treinamento na temporada competitiva e nem com a disponibilidade atletas em jogos. Nota-se ainda que esta disponibilidade de atletas em jogos não teve relação com qualquer aspecto da pré-temporada avaliado nesta análise sendo relacionado apenas a Carga durante o período competitivo. Encontrou-se ainda uma correlação significativa e positiva entre Carga de Treinamento na pré-temporada e a Carga no período competitivo, seja nas medidas diárias ou semanais (Duração:  $r=0,56$  - grande, CT diária:  $r=0,68$  - grande, CT semanal:  $r=0,55$  - grande).

Tabela 2 – Relação entre a porcentagem de sessões realizadas na pré-temporada, disponibilidade em jogos, Carga de Treinamento (CT) na pré-temporada e CT no período competitivo

	<b>% treinos PT</b>	<b>Disponibilidade jogos</b>	<b>CT diária PT</b>	<b>CT semanal PT</b>	<b>CT diária PC</b>	<b>CT semanal PC</b>
<b>% treinos PT</b>	1	-0,06	0,29	0,23	0,20	0,17
<b>Disponibilidade jogos</b>	-0,06	1	0,14	0,17	0,32*	0,30
<b>CT diária PT</b>	0,29	0,14	1	0,97*	0,68*	0,63*
<b>CT semanal PT</b>	0,23	0,17	0,97*	1	0,60*	0,55*
<b>CT diária PC</b>	0,20	0,32*	0,68*	0,60*	1	0,97*
<b>CT semanal PC</b>	0,17	0,30	0,63*	0,55*	0,97*	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

\* $p<0,05$ ; PT= Pré-temporada; CT= Carga de Treinamento; PC= Período Competitivo

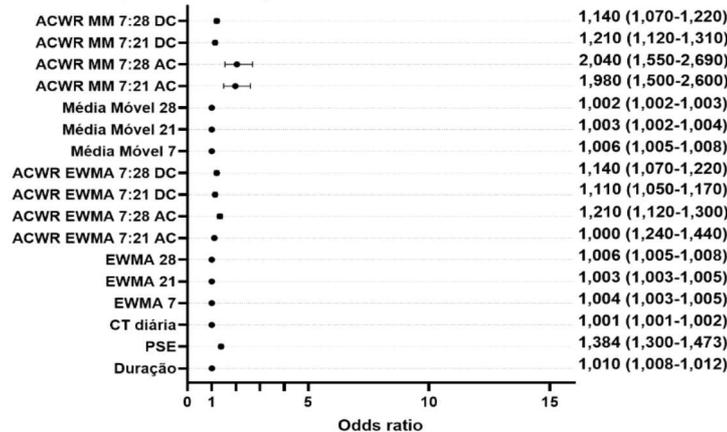
Partindo do princípio que existe uma grande quantidade de métricas para análise da Carga de Treinamento foi analisado o risco de lesão relacionado tanto a medidas absolutas (Duração, PSE, Carga Diária), quanto relativas (Média Móvel, EWMA, ACWR Média Móvel e ACWR EWMA). A análise dessas diferentes métricas de Carga apresentou grande variabilidade em diferentes períodos da temporada. Observando os dados do período completo nota-se que o risco de lesão é

relativamente baixo para a maior parte das métricas, apesar do modelo ser significativo para todas elas (Figura 21-A). A ACWR calculada de forma acoplada e por média móvel (ACWR MM 7:21 AC e ACWR MM 7:28 AC) foram as que apresentaram maiores riscos de lesão quando analisados os períodos completos. Comportamento semelhante foi encontrado no período competitivo (Figura 21-C). Já durante a pré-temporada as médias exponenciais acopladas (ACWR EWMA AC) foram mais sensíveis ao risco de lesão, representando um risco até 7,5 vezes maior com um aumento de uma unidade da medida ACWR EWMA 7:21 AC (Figura 21-B). Apenas a métrica ACWR 7:21 AC durante o Período Competitivo não apresentou valor significativo ( $p=0,38$ ). De forma geral as métricas de ACWR desacopladas não apresentaram risco de lesão importantes.

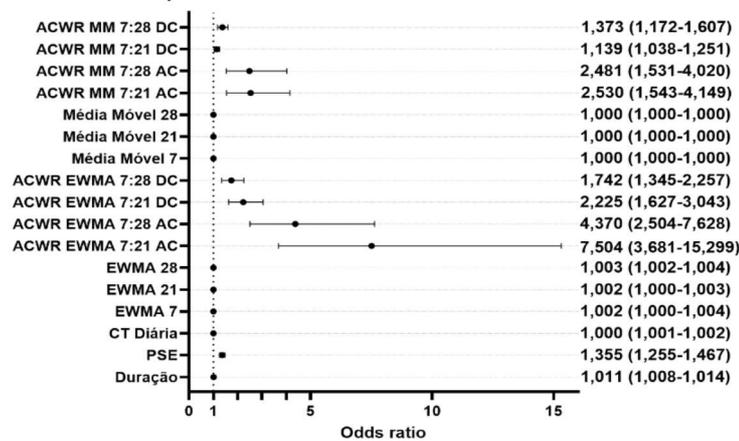
Os dados absolutos de Duração, PSE, Carga Diária, assim como as medidas cumulativas de 7, 21 e 28 dias por média móvel ou EWMA, apresentaram riscos de lesão muito próximo a 1 em todos os períodos. Isto aponta para a baixa relevância dessas medidas nessa análise.

Figura 21 – Risco de Lesão relacionado a diferentes métricas de Carga de Treinamento em diferentes períodos da temporada

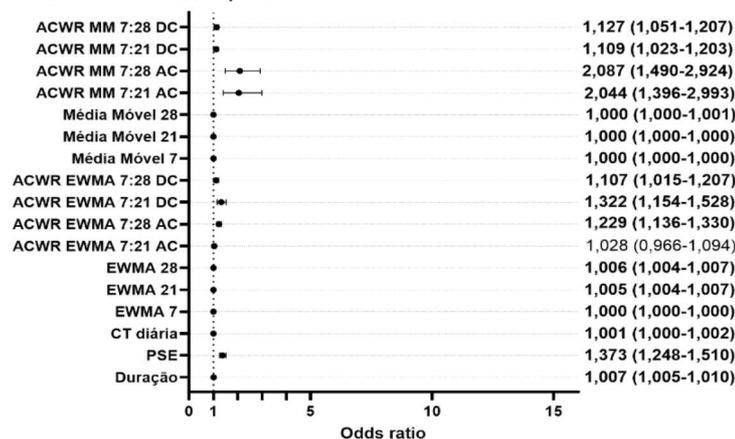
## A: Temporada Completa



## B: Pré-temporada



## C: Período Competitivo



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

ACWR= *Acute:Chronic Workload Ratio*; EWMA= *Exponentially Weighted Moving Averages*; MM= média móvel; AC= acoplado; DC= desacoplado; CT= Carga de Treinamento; PSE= Percepção Subjetiva de Esforço.

As quatro principais métricas de ACWR (MM 7:21; MM 7:28; EWMA 7:21; EWMA 7:28 – todas acopladas) foram categorizadas em seis faixas a partir dos valores de score Z, indo de “muito alta” até “muito baixa” (Tabela 3). Observou-se que

a maior parte das sessões de treinamentos e jogos encontravam-se em faixas de ACWR “baixa a moderada” e “modera a alta”. Consequentemente a maior parte das lesões também aconteceram quando os atletas apresentavam valores de ACWR dentro dessas categorias. A maior quantidade de lesões por sessão foram encontradas nas faixas “moderada a alta” para ACWR calculadas por média móvel. Já as medidas calculadas pela EWMA a maior concentração de lesões estava na faixa “baixa a moderada” para 7:21 e “muito alta” para 7:28. Observou-se ainda que a probabilidade de lesões nas diversas métricas apresentaram valores relativamente baixos (1,5% a 4,5%). No entanto dentro de uma mesma métrica essa probabilidade de lesão pode ser até 3 vezes maior para atletas com ACWR “muito alta” quando compara a uma ACWR “muito baixa”.

Tabela 3 – Métricas de ACWR categorizadas, distribuições de lesões e sessões

	<b>Classificação</b>	<b>Score Z</b>	<b>Limites</b>	<b>Lesões</b>	<b>Sessões</b>	<b>Lesões/ sessão</b>	<b>Probabilidade de Lesões</b>
ACWR	Muito baixa	$\leq -2$	$\leq 0,19$	0	240	0,000	$\leq 0,015$
MM	Baixa	$-2 < a \leq -1$	$0,19 < a \leq 0,56$	2	640	0,003	$0,015 < a \leq 0,020$
7:21	Baixa à Moderada	$-1 < a \leq 0$	$0,56 < a \leq 0,92$	35	3249	0,010	$0,020 < a \leq 0,026$
AC	Moderada à Alta	$0 \leq a < 1$	$0,92 \leq a < 1,28$	61	3131	0,019	$0,026 \leq a < 0,033$
	Alta	$1 \leq a < 2$	$1,28 \leq a < 1,65$	7	504	0,013	$0,033 \leq a < 0,043$
	Muito Alta	$\geq 2$	$\geq 1,65$	3	257	0,011	$\geq 0,043$
ACWR	Muito baixa	$\leq -2$	$\leq 0,21$	0	265	0	$\leq 0,015$
MM	Baixa	$-2 < a \leq -1$	$0,21 < a \leq 0,59$	3	638	0,016	$0,015 < a \leq 0,020$
7:28	Baixa à Moderada	$-1 < a \leq 0$	$0,59 < a \leq 0,96$	31	3074	0,010	$0,020 < a \leq 0,026$
AC	Moderada à Alta	$0 \leq a < 1$	$0,96 \leq a < 1,34$	62	3162	0,019	$0,026 \leq a < 0,034$
	Alta	$1 \leq a < 2$	$1,34 \leq a < 1,72$	8	612	0,013	$0,034 \leq a < 0,045$
	Muito Alta	$\geq 2$	$\geq 1,72$	4	270	0,014	$\geq 0,045$
ACWR	Muito baixa	$\leq -2$	$\leq -0,26$	0	0	0	–
EWMA	Baixa	$-2 < a \leq -1$	$-0,26 < a \leq 0,37$	0	278	0	$0 < a \leq 0,025$
7:21	Baixa à Moderada	$-1 < a \leq 0$	$0,37 < a \leq 1,01$	39	4430	0,088	$0,025 < a \leq 0,027$
AC	Moderada à Alta	$0 \leq a < 1$	$1,01 \leq a < 1,65$	69	3167	0,022	$0,027 \leq a < 0,029$
	Alta	$1 \leq a < 2$	$1,65 \leq a < 2,29$	0	57	0	$0,029 \leq a < 0,031$
	Muito Alta	$\geq 2$	$\geq 2,29$	0	89	0	$\geq 0,031$
ACWR	Muito baixa	$\leq -2$	$\leq 0,02$	0	7	0	$\leq 0,020$
EWMA	Baixa	$-2 < a \leq -1$	$0,02 < a \leq 0,50$	0	595	0	$0,020 < a \leq 0,023$
7:28	Baixa à Moderada	$-1 < a \leq 0$	$0,50 < a \leq 0,97$	27	3416	0,016	$0,023 < a \leq 0,026$
AC	Moderada à Alta	$0 \leq a < 1$	$0,97 \leq a < 1,45$	77	3697	0,026	$0,026 \leq a < 0,030$
	Alta	$1 \leq a < 2$	$1,45 \leq a < 1,93$	4	245	0,039	$0,030 \leq a < 0,035$
	Muito Alta	$\geq 2$	$\geq 1,93$	0	61	0	$\geq 0,035$

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

ACWR= Acute:Chronic Workoad Ratio; EWMA= Exponentially Weighted Moving Averages; MM= média móvel; AC= acoplado.

## 6. DISCUSSÃO

O presente estudo teve por objetivo analisar a relação entre a carga de treinamento e a incidência de lesões em atletas profissionais de voleibol masculino. Neste sentido, observou-se maior incidência de lesões e maior Carga de Treinamento durante a pré-temporada. Além disso a análise de diferentes métricas de Carga apontam que as medidas relativas podem ser mais sensíveis na identificação do risco de lesões no voleibol, em especial as métricas de ACWR acopladas, tanto calculada por média móvel quanto na EWMA

### 6.1 INCIDÊNCIA DE LESÕES

Primeiramente, deve-se ter cautela na análise dos dados epidemiológicos de lesões apresentados neste estudo quando comparados a literatura científica da área, uma vez que existem importantes diferenças metodológicas na identificação e registro de lesões (BROOKS; FULLER, 2006; INTERNATIONAL OLYMPIC COMMITTEE INJURY AND ILLNESS EPIDEMIOLOGY CONSENSUS GROUP, 2020).

Os valores de incidência de lesões apresentado neste estudo (8,13 lesões/1000 horas) foram menores (10,7 lesões/1000 horas) que aqueles reportados em um importante trabalho realizado durante quatro anos nas principais competições da Federação Internacional de Voleibol (Campeonato Mundial, Copa do Mundo, Grand Prix, Liga Mundial, Jogos Olímpicos) (BERE et al., 2015). Ambos estudos utilizaram os mesmos critérios para definição de lesões relacionado à necessidade de atendimento pelo departamento médico. A diferença nos valores de incidência podem ser relacionadas ao período de coleta das duas pesquisas. Enquanto o presente estudo acompanhou temporadas completas, o artigo citado acompanhou apenas períodos competitivos curtos. Além disso, a amostra composta por atletas do sexo masculino e feminino de categorias júnior e adultos, também podem explicar essa diferença. Já em outros estudos que utilizaram uma definição mais restrita de lesões (*time-loss*), naturalmente apresentam incidência de lesões mais baixas uma vez que não contabilizam os casos dos atletas que estão realizando tratamento ao mesmo

tempo que participam de treinamentos e jogos (AAGAARD; JØRGENSEN, 1996; BAHR; BAHR, 1997; VERHAGEN et al., 2004).

## 6.2 CAUSA DAS LESÕES E AFASTAMENTO DOS ATLETAS

Observou-se que 78,7% de lesões que não geraram a necessidade de afastamento do atleta de voleibol masculino, o que reforça a teoria de que os critérios para definição de lesão devem ser individualizados por modalidade (INTERNATIONAL OLYMPIC COMMITTEE INJURY AND ILLNESS EPIDEMIOLOGY CONSENSUS GROUP, 2020). Estudos realizados dentre todas as modalidades nas duas últimas edições dos Jogos Olímpicos apontaram que a maior parte das lesões não geram necessidade de interrupção das atividades esportivas (Jogos Olímpicos de Londres 2012 – 65% das lesões; Jogos Olímpicos do Rio de Janeiro – 60% das lesões) (ENGBRETSSEN et al., 2013; SOLIGARD et al., 2017). Esta tendência também já foi apresentada no voleibol (PASTOR et al., 2015; TIMOTEO et al., 2021). Tal fato pode ainda ser ligado a etiologia das lesões das lesões apresentadas, uma vez que a grande maioria das mesmas (93,5%) são relacionadas a mecanismos de sobrecarga. Estas lesões tendem ser mais crônicas, porém menos incapacitantes, permitindo ao atleta permanecer treinando, apesar dos sintomas. Sendo assim, por ser uma modalidade caracterizada por pouco contato físico e predominância de lesões por sobrecarga, o critério *time-loss* poderia subestimar a realidade do voleibol (BARA FILHO et al., 2013; SHEPPARD et al., 2007). Portanto, recomenda-se que estudos sobre lesões no voleibol utilizem a definição de lesão mais abrangente proposta pela Federação Internacional de Voleibol (FIVB MEDICAL COMMISSION, 2010).

## 6.3 LOCALIZAÇÃO E TIPO DAS LESÕES

As lesões de joelho representaram mais de  $\frac{1}{4}$  do total. Esta predominância também encontrada em outros estudos no voleibol (BAUGH et al., 2018; MACDONALD et al., 2018). Tal fato pode estar relacionado a alta demanda de saltos verticais (BAHR; BAHR, 2014; FERRETTI; PAPANDREA; CONTEDEUCA, 1990; MACIEL et al., 2019). Dentre as diversas lesões de joelho neste contexto destaca-se

as tendinopatias patelares. Estima-se, inclusive, que 40 a 50% dos jogadores profissionais de voleibol convivem com sintomas decorrentes dessa condição (FERRETTI; PAPANDREA; CONTEDEUCA, 1990). Tal fato pode ser, ainda, explicado pelo fato das tendinopatias serem o tipo mais comum de lesões neste estudo. Importante salientar que o caráter crônico dessas tendinopatias e os sintomas mais brandos que nem sempre geram a necessidade de afastamento dos atletas justificam a prática de registrar lesões mesmo que os atletas estejam participando das atividades esportivas.

Diversos estudos apontam as lesões de tornozelo como as mais comuns entre atletas de voleibol, principalmente devido as entorses nesta articulação (CUÑADO-GONZÁLEZ; MARTÍN-PINTADO-ZUGASTI; RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, 2018; VANDERLEI et al., 2013; VERHAGEN et al., 2004). No entanto, no presente estudo, as lesões de tornozelo representaram apenas 4,62% do total. Tal fato pode ser relacionado ao fato desse estudo registrar lesões que não levaram ao afastamento do atleta das sessões de treinos e jogos. Sendo assim a maior quantidade de lesões são relacionados a mecanismos de sobrecarga de aparição gradual, dentre elas as tendinopatias, tornando a entorse de tornozelo apenas o quarto tipo mais frequente de lesões.

#### 6.4 DISTRIBUIÇÃO DE LESÕES POR POSIÇÃO DOS JOGADORES

Quanto às posições dos atletas em quadra, nota-se que a incidência de lesões parece ser mais elevada entre opostos, pontas e centrais. Esse achado é semelhante a estudos anteriores (BERE et al., 2015; PASTOR et al., 2015). Opostos e centrais já foram apontadas como as posições com maior risco de lesões no voleibol. Líberos e levantadores foram as posições com menor incidência de lesões corroborando com estudos anteriores (BENEKA et al., 2009; BERE et al., 2015). Os achados aqui encontrados podem ser explicados ao fato de que grande parte das lesões estão relacionadas às ações de ataque e bloqueio, o que pode estar relacionado a maior incidência de lesões em atletas que mais participam dessas ações (CUÑADO-GONZÁLEZ; MARTÍN-PINTADO-ZUGASTI; RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, 2018).

## 6.5 COMPARAÇÃO ENTRE PRÉ-TEMPORADA E PERÍODO COMPETITIVO

Tendo em vista os diferentes momentos da temporada os resultados encontrados reforçam que a pré-temporada representa o momento de maior incidência de lesões no voleibol. Um estudo anterior na modalidade já havia indicado esse padrão (TIMOTEO et al., 2021). Uma possível explicação para este fato é a Carga intensificada típica deste período e que também foi encontrada no presente estudo (DEBIEN et al., 2018; FREITAS et al., 2015). Observou-se que tanto a carga externa, quanto a carga interna do período preparatório foram superiores ao período competitivo. Porém não foi realizada qualquer tipo de análise de causa e efeito entre as elevadas Carga de Treinamento na pré-temporada e a maior incidências de lesões neste período. A maior incidência de lesões na pré-temporada poderia inclusive ser relacionada, não somente às cargas intensificadas, mas a variação brusca da Carga de Treinamento, uma vez que os atletas estão retornando de um período de férias sem treinamento. Neste sentido Gabbett (2020) propôs uma analogia visando elucidar esta associação. Segundo o autor, para alcançar um desempenho de alto nível capaz de preparar o atleta para as demandas competitivas, é necessário que haja uma intensificação progressiva e controlada da Carga. Uma dificuldade de períodos preparatórios muitas vezes está no tempo insuficiente para que haja essa exposição gradativa da Carga de Treinamento. Além disso, a condição física do atleta no início deste período pode estar muito abaixo do ideal o que traria uma necessidade de ganhos ainda mais expressivos, a partir do incremento da Carga de Treinamento durante a pré-temporada.

## 6.6 REPERCUSSÃO PRÉ-TEMPORADA SOBRE O PERÍODO COMPETITIVO

Ainda com relação a este momento específico é importante notar que a pré-temporada pode ter repercussões no período competitivo dos atletas de voleibol. Observou-se uma tendência de que quanto maior o número de sessões completadas pelo atleta durante a pré-temporada, menor a porcentagem de jogos perdidos devido à lesões. Ou seja, a maior participação na pré-temporada poderia ter relação com a maior disponibilidade dos atletas em jogos, o que é um dos principais objetivo de

treinadores e outros profissionais em esportes coletivos. Estes achados corroboram com um estudo semelhante realizado com jogadores de rúgbi que também encontrou uma correlação negativa entre a participação o número de sessões na pré-temporada e a disponibilidade dos atletas em jogos, inclusive com valores semelhantes de correlação entre os estudos (WINDT et al., 2017). Apesar da tendência apresentada no presente estudo, observa-se que não houve diferença significativa entre as variáveis e ainda houve uma baixa correlação encontrada entre os atletas de voleibol. No entanto, deve-se levar em consideração o pequeno número de lesões que geraram necessidade de afastamento entre os atletas. A maior quantidade de sessões realizadas por um atleta na pré-temporada relacionada a menor ausência em jogos pode ser explicada pela construção de uma elevada carga crônica criada neste período. Este fator já foi relacionado ao menor risco de lesão em outras modalidades. Ou seja, a aplicação de uma quantidade correta de carga crônica poderá beneficiar o atleta, à medida que aumenta a capacidade do mesmo (VERHAGEN; GABBETT, 2019). Outra possível explicação para esse achado está na simples identificação dos atletas mais robustos e menos propensos a sofrer lesões, o que explica a menor ausência, seja em atividades da pré-temporada, seja nos jogos (GABBETT et al., 2018; WINDT et al., 2017).

Não foi encontrada qualquer tipo de relação entre a disponibilidade dos atletas nos jogos, seja com a porcentagem da participação nas sessões da pré-temporada ou mesmo com a variáveis de Carga de Treinamento neste período. Diferente de um estudo realizado com jogadores de futebol australiano encontrou uma correlação moderada entre disponibilidade de jogos e proporção de participação nos treinamentos de pré-temporada (MURRAY; GABBETT; TOWNSHEND, 2017). No entanto, estes autores apontam que a referida correlação não é mais elevada porque a disponibilidade de atletas durante os jogos pode ser afetadas por outros fatores além daqueles relacionados a este período preparatório. Um outro ponto que pode justificar a ausência dessa correlação estatística no presente estudo pode ser o baixo número de afastamentos por lesões encontrados nos atletas de voleibol.

Ainda neste contexto observou-se correlação positiva entre a Carga de Treinamento da pré-temporada e período competitivo. Este achado corrobora com o artigo citado anteriormente (MURRAY; GABBETT; TOWNSHEND, 2017). Porém, é importante destacar que trata-se de diferentes medidas de Carga de Treinamento.

Enquanto o presente estudo realiza a mensuração da Carga Interna de Treinamento através do produto da Percepção Subjetiva de Esforço e Duração das sessões, o trabalho com atletas de futebol australiano utiliza medidas de Carga Externa provenientes do GPS. A correlação entre as medidas de carga interna nos dois períodos distintos pode ter sido influenciado pela percepção subjetiva individual de cada atleta, ou seja atletas que percebem o esforço de forma mais pesada ou mais leve o fazem desta forma seja na pré-temporada, no jogo ou no treinamento durante o período competitivo.

## 6.7 DIFERENTES MÉTRICAS DE ACWR E RISCO DE LESÃO

Até a presente data, apenas um estudo analisou a relação da carga interna de treinamento e da ACWR com o risco de lesões no voleibol. O mesmo analisou apenas a ACWR calculada a partir da média móvel 7:28 de forma acoplada apresentando um *odds ratio* de 3,74 (TIMOTEO et al., 2021). Semelhantemente, o presente estudo fez análises do risco de lesão relacionado a ACWR, mas desta vez calculadas de diversas formas: média móvel e EWMA, acoplada e desacoplada, carga crônica 21 ou 28 dias. Trata-se do primeiro estudo que analisa diferentes formas de cálculo da ACWR e lesões no voleibol. Dentre as métricas de 3 temporadas completas nota-se que as ACWRs acopladas calculada por médias móveis com períodos 7:28 e 7:21 dias foram muito semelhantes entre si e apresentaram os maiores riscos de lesão. Semelhantemente, observando apenas o período competitivo estas foram as medidas mais relacionadas ao risco de lesão.

Já na análise dos períodos de pré-temporada, observou-se que as ACWRs acopladas calculadas pela EWMA (7:21 e 7:28) apresentaram os maiores valores de *odds ratio*, sugerindo que essas métricas possam ser mais sensíveis na identificação do risco de lesão neste período. Este comportamento já foi apontado em outros estudos realizados no futebol australiano (ESMAEILI et al., 2018; MURRAY et al., 2017). Importante notar que de todas as métricas de Carga, seja na pré-temporada ou no período competitivo, as medidas de ACWR EWMA acopladas apresentaram os maiores valores de risco de lesão, chegando a um *odds ratio* de 7,5, ou seja, o aumento de uma unidade dessa medida pode aumentar o risco de lesão em 7,5 vezes.

Destaca-se ainda que de forma geral as métricas de ACWR desacopladas não se mostraram mais sensíveis ao risco de lesão que seus pares acoplados.

Os achados relativos ao risco de lesões distintos de acordo com a métricas de ACWR utilizada reforça a premissa que a escolha da forma de cálculo desta razão pode impactar consideravelmente os resultados do estudo (DALEN-LORENTSEN et al., 2021). Conseqüentemente, torna limitada e não recomendável qualquer tipo de comparação entre estudos que utilizam métricas diferentes.

Embora seja uma importante ferramenta para o monitoramento da Carga de Treinamento, a validade da ACWR vem sendo questionada recentemente (IMPELLIZZERI; COUTTS; MCCALL, 2021; MENASPÀ, 2016). Um dos caminhos apontados a partir dessa limitações seria o uso das medidas absolutas de carga de treinamento (IMPELLIZZERI et al., 2020b). Porém os resultados do presente estudo mostraram que os dados absolutos de CT (duração, PSE, Carga Diária, média móvel ou exponencial de 7, 21 ou 28 dias) não apresentaram riscos de lesão relevantes, permanecendo os valores de *odds ratio* muito próximo a 1.

Na tentativa de identificar a Carga segura para o atleta, especula-se uma série de “pontos de corte” dentro dessas medidas. Alguns profissionais têm se apoiado em variar a Carga de Treinamento em no máximo 10% de uma semana a outra, porém não há embasamento na literatura que suporte essa prática como uma regra a ser seguida (GABBETT, 2018). Semelhantemente, uma publicação importante dessa área chamou de “Ponto Certo” a faixa de ACWR entre 0,8 a 1,3 e ACWR acima de 1,5 como uma “Zona de Perigo” (GABBETT, 2016). Desde então muitos profissionais têm utilizado essa referência com o um “número mágico”. No entanto, para isso, desconsidera-se o fato de que esta pesquisa foi realizada entre atletas de rúgbi, críquete e futebol australiano, o que não permite que estes valores sejam extrapolados como uma referência para modalidades com demandas distintas. Além disso os próprios autores destacaram que uma única métrica de Carga de Treinamento seria incapaz de predizer lesões devido a etiologia multifatorial das mesmas (GABBETT, 2018). Neste contexto o presente estudo categoriza diferentes métricas de ACWR em seis faixas, de “muito baixa” à “muito alta”, apontando uma aumento da probabilidade de lesões de acordo com o aumentos dos valores de ACWR. Porém, apesar destes resultados poderem ser úteis como referência para a modalidade, não há pretensão

de o que o mesmo seja interpretado como “ponto de corte” para carga de treinamento no voleibol. Sendo assim, entende-se que a ACWR não deve ser analisada em uma relação causa-efeito com as lesões e sim como uma métrica de referência para um ambiente prático.

Outro ponto que deve-se destacar neste assunto é que a ACWR vem sendo calculada a partir de diferentes medidas de carga externa e interna. Há, por exemplo, uma série de publicações que utilizam dados coletados com GPS (ex: distância percorrida total, distância percorrida em determinada faixa de intensidade, acelerações e desacelerações) (BOWEN et al., 2020; HULIN et al., 2019; MURRAY et al., 2017). Sendo assim estes achados não são transferíveis e não se deve comparar os resultados deste estudo, que utilizou uma medida de Carga Interna de Treinamento (PSE da sessão) com outros que realizaram cálculos de ACWR com medidas diferentes.

A categorização por faixas da ACWR, calculada a partir da PSE da sessão, também já foi calculada para outras modalidades (ESMAEILI et al., 2018; HULIN et al., 2014; MALONE et al., 2017). Porém, este é o primeiro estudo que buscou analisar estas subdivisões no voleibol. Os valores de probabilidade de lesões são relativamente baixos, alcançando no máximo 4,5%. Tal achado corrobora com a característica multifatorial da etiologia de lesões esportivas, sendo a carga de treinamento incapaz de prever isoladamente este evento. Pelo contrário, deve-se entender o treinamento como um dentre diversos fatores determinantes relacionadas às lesões esportivas (BITTENCOURT et al., 2016; HULIN; GABBETT, 2018). Tal entendimento justifica a necessidade de uma abordagem multidisciplinar afim de abranger o maior número de fatores de risco. Ainda assim, com a clareza que existem fatores que fogem ao controle de profissionais e atletas, a prevenção de lesões esportiva permanece um grande desafio.

## 7. CONCLUSÕES

### 7.1 SUMÁRIO DE CONCLUSÕES

A presente tese teve por objetivo analisar a relação entre a Carga de Treinamento e a incidência de lesões em atletas profissionais de voleibol do sexo masculino. Dentro dessa proposta foi estabelecido dois desdobramentos: 1) Analisar a relação entre a Carga de Treinamento, através de diferentes métricas, e o risco de lesões, em atletas profissionais de voleibol do sexo masculino. 2) Investigar a relação entre a pré-temporada (Carga de Treinamento e proporção de treinamentos realizados) e o período competitivo (Carga de Treinamento e disponibilidade dos atletas) em atletas profissionais de voleibol masculino.

Afim de responder essas questões foi conduzido um estudo longitudinal observacional durante três temporadas junto uma equipe profissional de voleibol com a participação de 43 atletas do sexo masculino. Durante este período eram coletadas diariamente a Carga de Treinamento, a partir da Percepção Subjetiva de Esforço da Sessão, e o registro de lesões dos atletas. Foram contabilizadas 7489 sessões de treinamentos e jogos totalizando 13283 horas. Além disso foram catalogadas 108 lesões no mesmo período.

Tendo em vista a escassez de pesquisas que tratem a respeito da relação entre Carga de Treinamento e Lesões especificamente no voleibol o presente estudo trouxe luz a alguns tópicos importantes. Inicialmente, foi traçado um perfil epidemiológico das lesões na modalidade. Nota-se que as escolhas metodológicas no que tange a definição de lesões utilizada impacta diretamente estes achados. Partiu-se do princípio que uma definição que abrangesse lesões mesmo sem que houvesse afastamento dos atletas seriam mais compatíveis com as demandas do voleibol. Em consequência disso, foi observado que a maioria das lesões levaram os atletas a buscar atendimento da equipe de saúde sem, no entanto, gerar a perda de uma sessão de treinamento ou jogo. Sendo assim as lesões por sobrecarga foram as mais encontradas neste universo de atletas. As características de sintomas mais brandos, porém mais duradouros, desse tipo de lesão podem ser observados claramente nas tendinopatias, principalmente em joelhos e ombros, comum aos atletas.

Um período especialmente delicado quanto as lesões no esporte é a pré-temporada. Corroborando com essa lógica foram constatadas maior incidência de lesões e maior Carga de Treinamento neste período quando comparado ao período competitivo. Foi ainda analisado um possível impacto da pré-temporada sobre o restante da temporada. Neste sentido foi encontrada uma tendência inversamente proporcional entre o número de sessões de treinamento durante a pré-temporada e a porcentagem de jogos perdidos devido à lesões. Além disso, foi apontada uma relação direta entre a Carga de Treinamento nos dois períodos da temporada, ou seja, atletas com altas Cargas na pré-temporada tendem a manter este comportamento durante a competição.

A busca por uma ferramenta para mensurar a Carga de Treinamento e uma métrica sensível a identificação do riscos de lesões esportivas tem proporcionado um intenso debater na ciência do esporte. Neste sentido, uma série de questões surgiram a respeito da *Acute:Chronic Workload Ratio* (ACWR), desde críticas até indagações sobre a melhor forma de realizar o cálculo. Afim de trazer luz a este tópico foram realizadas diversas análises sobre as lesões nesse grupo de atletas de voleibol relacionada às diferente métricas de ACWR. Observou-se uma variedade de resultados de risco de lesões a partir da métrica de ACWR escolhida. Houve diferença nos valores de razão encontradas na ACWR calculados a partir de médias móveis ou exponenciais (*Exponentially Weighted Moving Average* - EWMA). As métricas de média móvel apresentaram valores de *odds ratio* semelhantes independentemente do período. Já à EWMA apresentou valores elevados deste risco de lesões particularmente na pré-temporada. De forma geral as métricas desacopladas não mostraram grande sensibilidade na identificação do risco de lesões, assim como a Carga de Treinamento absoluta, seja pela PSE, duração ou Carga diária. Quanto ao período não foram observadas, em geral, diferenças entre a escolha de 21 ou 28 dias utilizados para o cálculo de CT crônica.

Por último, a categorização das principais métricas de ACWR apontaram para um predomínio de sessões de treinamento e lesões que ocorreram numa faixa de ACWR moderada a alta. De forma geral, as ACWRs analisadas em categorias não estão relacionadas a uma aumento expressivo da probabilidade de lesões.

## 7.2 LIMITAÇÕES

Pode-se apontar como limitação deste estudo a ausência de outras ferramentas objetivas de mensuração da Carga de Treinamento. Uma possibilidade já popular em diversos estudos em outras modalidades esportivas seria a utilização da mensuração da Carga externa através de dados provenientes do GPS e do acelerômetro. Outro ponto importante seria o monitoramento, para além da Carga de Treinamento, de medidas de Recuperação e Bem-Estar. Dentre as diferentes métricas de mensuração da ACWR poderia ainda ter sido calculada como outros intervalos de carga crônica e aguda. Não houve, ainda, o controle para fatores de confusão como lesão prévia, idade, entre outros. Uma limitação inerente a complexa etiologia de lesões esportivas, está no fato do presente estudo controlar apenas o fator: Carga de Treinamento. Sendo assim existem outros diversos determinantes para o surgimento de lesões que não foram controlados, como idade, lesão prévia, entre outros. Por fim, deve-se reconhecer que dados foram coletados em apenas uma equipe, o que limita a validade externa. Sendo assim, os achados aqui apresentados não devem ser extrapolados para amostras distintas, como atletas de voleibol de sexo feminino e jovens atletas.

## 7.3 PONTOS FORTES

Tendo em vista o grande impacto que lesões esportivas possuem sobre a saúde do atleta, aspectos financeiros e até ao próprio desempenho esportivo, estudos que se proponham à melhor compreensão deste processo são de grande importância. Sendo assim, a presente tese aponta uma direção no entendimento deste fator de risco importante para o surgimento de lesões no voleibol: o treinamento.

Sendo assim, destaca-se o ineditismo de um estudo longitudinal durante 3 temporadas analisando a relação entre Carga de Treinamento e lesões no voleibol. Trata-se de um primeiro estudo na modalidade que analisa tanto o impacto da pré-temporada sobre a temporada competitiva, quanto a influência de diferentes métricas de ACWR sobre risco de lesões no voleibol. Importante salientar que a análise de diferentes métricas de ACWR pode ser útil para profissionais da área optarem por aquelas que mais se ajustem a especificidade do voleibol.

## 7.4 DIREÇÕES FUTURAS

O entendimento da relação entre Carga de Treinamento e lesões no Voleibol ainda possuem uma série de pontos que precisam ser respondidos. Primeiramente, novos estudos deveriam se ater a melhor identificação das demandas físicas da modalidade a partir de instrumentos cada vez mais populares no meio esportivo, em especial acelerômetros tridimensionais e GPS. A partir disso, a realização de um monitoramento constante dessas informações poderia ser relacionado às lesões esportivas. Por fim, a teoria vigente sobre etiologia de lesões como um fenômeno complexo e multifatorial traz à tona a necessidade de estudos que monitorem não somente a Carga de Treinamento, mas que associe essas informações a avaliação de outros determinantes, como aspectos biomecânicos, funcionais, psicológicos, dentre outros.

## 7.5 APLICAÇÕES PRÁTICAS

A presente tese teve por objetivo trazer informações relevantes e aplicáveis aos profissionais que lidam diariamente com aspectos relacionados ao treinamento e prevenção de lesões no voleibol. Primeiramente os dados epidemiológicos de lesões apresentados neste trabalho pode servir de guia para identificação de lesões mais frequentes e por consequência devem ser o foco de trabalhos preventivos.

Outro ponto relevante aos profissionais que lidam com o treinamento é o alerta para a necessidade de um monitoramento contínuo e ajustes em tempo real da Carga de Treinamento. Dessa forma este profissional pode oferecer ao atleta um treinamento capaz de trazer benefícios psicofísicos sem que isso represente um aumento de risco do mesmo se lesionar. Neste aspecto deve-se destacar os cuidados com a pré-temporada, por ter se mostrado um período de maior Carga e incidência de lesões.

Quanto a ACWR, é importante destacar que esta medida não deve ser analisada dentro de uma relação causa-efeito e sim como um dos determinantes relacionado à etiologia de lesões na modalidade. Dentre as diversas formas de

cálculos observou-se que tanto as métricas de média móvel, quanto pela EWMA foram sensíveis na identificação do risco lesões, recomendando assim, que ambas as medidas poderiam ser utilizadas. Semelhantemente, o período de Carga Crônica por 21 ou 28 também podem ser utilizados de acordo com a escolha do profissional. As medidas acopladas parecem ser mais aplicáveis a este universo, uma vez que apresentaram uma relação mais relevante para o risco de lesão que seus pares desacoplados.

A categorização das medidas de ACWR, indo de “muito baixa” à “muito alta” não tem por objetivo criar “pontos de corte” ou regras do quanto deve-se incrementar ou reduzir a Carga de Treinamento em determinados períodos. Porém, os resultados podem servir de base para a comparação desses dados em diferentes grupos de atletas profissionais de voleibol do sexo masculino.

## 7.6 CONCLUSÃO

A relação entre Carga de Treinamento e Lesões tem se tornado um assunto de grande interesse dentre os profissionais e pesquisadores da área esportiva. Afim de reduzir o risco de lesões associadas estas demandas esportivas um grande número de investigações científicas foram publicadas buscando: entender os mecanismos etiológicos das lesões; buscar as melhores ferramentas de monitoramento da Carga de Treinamento; e determinar as análises mais fidedignas e aplicáveis destes dados na prática esportiva. Apesar deste esforço científico, são escassas as publicações que tratam deste assunto no voleibol.

Sendo assim esta tese teve como objetivo primário: analisar a relação entre a Carga de Treinamento e lesões em atletas profissionais de voleibol do sexo masculino. Trata-se do primeiro estudo a propor, através de uma análise longitudinal de 3 temporadas, observar a influência da Carga de Treinamento sobre as lesões em jogadores profissionais de voleibol.

Semelhantemente, a outras modalidades e até a estudos anteriores no voleibol, observou-se que a pré-temporada pode ser considerada um período crítico devido às maiores cargas de treinamento e maior incidência de lesões. Ao mesmo tempo, a realização de uma pré-temporada parece ser um dos fatores capazes de impactar no

número de jogos perdidos durante o período competitivo por lesões. Ou seja, quanto maior o número de sessões neste período inicial de treinamento, mais preparado para as demandas da modalidade o atleta estaria e assim maior a participação em jogos.

Quanto às métricas de ACWR, percebe-se que tanto as medidas que utilizam médias móveis quanto aquelas calculadas a partir de médias exponenciais podem ser utilizadas para identificar o risco de lesões de atletas de voleibol. Apenas no período de pré-temporada as medidas de EWMA foram mais sensíveis ao risco de lesão. De forma geral as medidas desacopladas não apresentam resultados relevantes assim como medidas de Carga absolutas como PSE, duração, Carga Diária ou Carga Crônica isoladamente.

A divisão dos valores das quatro principais medidas de ACWR em categorias aponta para uma sugestão do que seriam valores baixos ou altos para um grupo de jogadores de voleibol do sexo masculino. Porém não se recomenda que estes valores sejam utilizados como ponto de corte ou regra absoluta na tentativa de reduzir o risco de lesões na modalidade.

Finalmente, os achados deste estudo podem ser úteis e aplicáveis aos membros de comissões técnicas, preparadores físicos e profissionais do departamentos de saúde imbuídos no desafio de reduzir o risco de lesão de atletas de voleibol. Porém, sua aplicação deve ser interpretada como um primeiro passo para o entendimento mais profundo das relações entre Carga de Treinamento e lesões no voleibol, instigando novas pesquisas afim de discernir outros aspectos desta complexa relação.

## REFERÊNCIAS

- AAGAARD, H.; JØRGENSEN, U. Injuries in elite volleyball. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 6, n. 4, p. 228–232, 1996.
- ANDERSON, L.; TRIPLETT-MCBRIDE, T.; FOSTER, C.; DOBERSTEIN, S.; BRICE, G. Impact of training patterns on incidence of illness and injury during a women's collegiate basketball season. **Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association**, v. 17, n. 4, p. 734–738, 2003.
- ANDRADE, R.; WIK, E. H.; MARQUES, A. R.; BLANCH, P. Is the Acute : Chronic Workload Ratio ( ACWR ) Associated with Risk of Time - Loss Injury in Professional Team Sports ? A Systematic Review of Methodology , Variables and Injury Risk in Practical Situations. **Sports Medicine**, p. 1–23, 2020.
- ARCOS, A. L.; MARTÍNEZ-SANTOS, R.; YANCI, J.; MENDIGUCHIA, J. Negative Associations between Perceived Training Load , Volume and Changes in Physical Fitness in Professional Soccer Players. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 14, n. 2, p. 394–401, 2015.
- BAHR, M. A.; BAHR, R. Jump frequency may contribute to risk of jumper's knee: a study of interindividual and sex differences in a total of 11,943 jumps video recorded during training and matches in young elite volleyball players. **British journal of sports medicine**, v. 48, n. 17, p. 1322–1326, 2014.
- BAHR, R. No injuries, but plenty of pain? On the methodology for recording overuse symptoms in sports. **British Journal of Sports Medicine**, v. 43, n. 13, p. 966–972, 2009.
- BAHR, R.; BAHR, I. A. Incidence of acute volleyball injuries: A prospective cohort study of injury mechanisms and risk factors. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 7, n. 3, p. 166–171, 1997.
- BANISTER, E. W.; CALVERT, T. W.; SAVAGE, M. V.; BACH, T. A systems model of training for athletic performance. **Australian Journal of Sports Medicine**, v. 7, n. 3, p. 57–61, 1975.
- BARA FILHO, M. G.; ANDRADE, F. C.; NOGUEIRA, R. A.; NAKAMURA, F. Y. Comparison of different methods of internal load control in volleyball players. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 19, n. 2, p. 143–146, 2013.
- BAUGH, C. M.; WEINTRAUB, G. S.; GREGORY, A. J.; DJOKO, A.; DOMPIER, T. P.; KERR, Z. Y. Descriptive Epidemiology of Injuries Sustained in National Collegiate Athletic Association Men's and Women's Volleyball, 2013-2014 to 2014-2015. **Sports Health**, v. 10, n. 1, p. 60–69, 2018.
- BENEKA, A.; MALLIOU, P.; GIOFTSIDOU, A.; TSIGGANOS, G.; ZETOU, H.; GODOLIAS, G. Injury incidence rate, severity and diagnosis in male volleyball players. **Sport Sciences for Health**, v. 5, n. 3, p. 93–99, 2009.
- BERE, T.; KRUCZYNSKI, J.; VEINTIMILLA, N.; HAMU, Y.; BAHR, R. Injury risk is low among world-class volleyball players: 4-year data from the FIVB Injury Surveillance System. **British Journal of Sports Medicine**, v. 49, n. 17, p. 1132–1137, 2015.
- BITTENCOURT, N. F. N.; MEEUWISSE, W. H.; MENDONÇA, L. D.; NETTEL-AGUIRRE, A.; OCARINO, J. M.; FONSECA, S. T. Complex systems approach for sports injuries: moving from risk factor identification to injury pattern recognition—narrative review and new concept. **British Journal of Sports Medicine**, v. 50, n. 21, p. 1309–1314, 2016.
- BORG, G. A. V. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 14, n. 5, p. 377–381, 1982.
- BOURDON, P. C. et al. Monitoring Athlete Training Loads : Consensus Statement. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 12, p. S2-161-S2-170, 2017.
- BOWEN, L.; GROSS, A. S.; GIMPEL, M.; BRUCE-LOW, S.; LI, F. X. Spikes in acute:chronic workload ratio (ACWR) associated with a 5-7 times greater injury rate in English Premier League football

players: A comprehensive 3-year study. **British Journal of Sports Medicine**, v. 54, n. 12, p. 731–738, 2020.

BROOKS, J. H. M.; FULLER, C. W. The influence of methodological issues on the results and conclusions from epidemiological studies of sports injuries: Illustrative examples. **Sports Medicine**, v. 36, n. 6, p. 459–472, 2006.

BUDGETT, R. Overtraining syndrome. **British journal of sports medicine**, v. 24, n. 4, p. 231–236, 1990.

BURGESS, D. J. The Research Doesn ' t Always Apply : Practical Solutions to Evidence-Based Training-Load Monitoring in Elite Team Sports. **International journal of sports physiology and performance**, v. 12, n. 2, p. S2-136-S2-141, 2017.

CAETANO, F.; NOGUEIRA, A.; NOGUEIRA, R. A.; COIMBRA, D. R.; MILOSKI, B.; FREITAS, V. H. Internal training load: perception of volleyball coaches and athletes. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 16, n. 6, p. 638–647, 2014.

CAREY, D. L.; BLANCH, P.; ONG, K. L.; CROSSLEY, K. M.; CROW, J.; MORRIS, M. E. Training loads and injury risk in Australian football - Differing acute: Chronic workload ratios influence match injury risk. **British Journal of Sports Medicine**, v. 51, n. 16, p. 1215–1220, 2017.

CAREY, D. L.; CROSSLEY, K. M.; WHITELEY, R.; MOSLER, A.; ONG, K. L.; CROW, J.; MORRIS, M. E. Modeling Training Loads and Injuries: The Dangers of Discretization. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 50, n. 11, p. 2267–2276, 2018.

COUTTS, A.; KEMPTON, T.; CROWCROFT, S. Developing athlete monitoring systems: theoretical basis and practical applications. *In: Sport, Recovery and Performance: Interdisciplinary Insights*. 1st. ed. [s.l.] : Routledge, 2017. p. 19–32.

COYNE, J. O. C.; G., Gregory H.; COUTTS, A. J.; NEWTON, R. U.; NIMPHIUS, S. The Current State of Subjective Training Load Monitoring—a Practical Perspective and Call to Action. **Sports Medicine - Open**, v. 4, n. 1, p. 58, 2018.

CROSS, M. J.; WILLIAMS, S.; TREWARTHA, G.; KEMP, S. P. T.; STOKES, K. A. The influence of in-season training loads on injury risk in professional rugby union. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 11, n. 3, p. 350–355, 2016.

CUÑADO-GONZÁLEZ, Á.; MARTÍN-PINTADO-ZUGASTI, A.; RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, Á. L. Prevalence and Factors Associated With Injuries in Elite Spanish Volleyball. **Journal of Sport Rehabilitation**, v. 28, n. 8, p. 796–802, 2018.

DALEN-LORENTSEN, T.; ANDERSEN, T. E.; BJØRNEBOE, J.; VAGLE, M. A cherry tree ripe for picking : The relationship between the acute : chronic workload ratio and health problems. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 0, p. 1–26, 2021.

DEBIEN, P. B.; MANCINI, M.; COIMBRA, D. R.; DE FREITAS, D. G. S.; MIRANDA, R.; BARA FILHO, M. G. Monitoring training load, recovery, and performance of Brazilian professional volleyball players during a season. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 13, n. 9, p. 1182–1189, 2018.

DREW, M. K.; COOK, J.; FINCH, C. F. Sports-related workload and injury risk: simply knowing the risks will not prevent injuries. **British Journal of Sports Medicine**, v. 50, n. 21, p. 1306–1308, 2016.

DREW, M. K.; FINCH, C. F. The Relationship Between Training Load and Injury, Illness and Soreness: Systematic and Literature Review. **Sports Medicine**, v. 46, n. 6, p. 861–883, 2016.

DREW, M. K.; RAYSMITH, P.; CHARLTON, P. C. Injuries impair the chance of successful performance by sportspeople: A systematic review. **British Journal of Sports Medicine**, v. 51, n. 16, p. 1209–1214, 2017.

EKSTRAND, J. Preventing injuries in professional football: thinking bigger and working together. **British journal of sports medicine**, v. 50, n. 12, p. 709–10, 2016.

ENGBRETSSEN, L. et al. Sports injuries and illnesses during the London Summer Olympic Games

2012. **British journal of sports medicine**, v. 47, n. 7, p. 407–414, 2013.

ESMAEILI, A.; HOPKINS, W. G.; STEWART, A. M.; ELIAS, George P.; LAZARUS, Brendan H.; AUGHEY, Robert J. The individual and combined effects of multiple factors on the risk of soft tissue non-contact injuries in elite team sport athletes. **Frontiers in Physiology**, v. 9, p. 1–16, 2018.

FERRETTI, A.; PAPANDREA, P.; CONTEDEUCA, F. Knee injuries in volleyball. **Sports Medicine**, v. 10, n. 2, p. 132–138, 1990.

FIVB MEDICAL COMMISSION. **FIVB Injury Surveillance Program**, 2010. Disponível em: file:///C:/Users/User/Downloads/FIVB\_Medical\_Injury\_Surveillance\_Program\_and\_Definitions.pdf.

FOSTER, C.; FLORHAUG, J.; FRANKLIN, J.; GOTTSCHALL, L.; HROVATIN, L.; PARKER, S.; DOLESHAL, P.; DODGE, C. A New Approach to Monitoring Exercise Training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2001, v. 15, n. 1, p. 109–115, 2001.

FOSTER, C.; RODRIGUEZ-MARROYO, J. A.; KONING, J. J. Monitoring Training Loads : The Past , the Present , and the Future. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 12, n. 2, p. 2–8, 2017.

FREITAS, V. H.; ANDRADE, F. C.; PEREIRA, L. A.; COIMBRA, D. R.; BARA FILHO, M. G. Pre-competitive physical training and markers of performance, stress and recovery in young volleyball athletes. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 17, n. 1, p. 31–40, 2015.

GABBETT, T. J. Influence of training and match intensity on injuries in rugby league. **Journal of sports sciences**, v. 22, n. 5, p. 409–417, 2004. a.

GABBETT, T. J. Reductions in pre-season training loads reduce training injury rates in rugby league players. **British journal of sports medicine**, v. 38, n. 6, p. 743–749, 2004. b.

GABBETT, T. J. Development and Application of an Injury Prediction Model for Noncontact, Soft-Tissue Injuries in Elite Collision. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 10, p. 2593–2603, 2010.

GABBETT, T. J. The training - injury prevention paradox : should athletes be training smarter and harder ? **British journal of sports medicine**, v. 50, n. 5, p. 273–280, 2016.

GABBETT, T. J. et al. The athlete monitoring cycle: a practical guide to interpreting and applying training monitoring data. **British Journal of Sports Medicine**, v. 51, p. 1451–1452, 2017.

GABBETT, T. J. Debunking the myths about training load, injury and performance: empirical evidence, hot topics and recommendations for practitioners. **British Journal of Sports Medicine**, v. 54, n. 1, p. 58–66, 2018.

GABBETT, T. J. et al. To Couple or not to Couple ? For Acute : Chronic Workload Ratios and Injury Risk , Does it Really Matter ? Authors Is there a difference in injury risk between coupled. **International Journal of Sports Medicine**, v. 40, n. 9, p. 597–600, 2019.

GABBETT, T. J. How Much ? How Fast ? How Soon ? Three Simple Concepts for Progressing Training Loads to Minimize Injury Risk and Enhance Performance. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 50, n. 10, p. 570–573, 2020.

GABBETT, T. J.; DOMROW, N. Relationships between training load, injury, and fitness in sub-elite collision sport athletes. **Journal of sports sciences**, v. 25, n. 13, p. 1507–1519, 2007.

GABBETT, T. J.; HULIN, B. T.; BLANCH, P.; WHITELEY, R. High training workloads alone do not cause sports injuries : how you get there is the real issue. **British Journal of Sports Medicine**, v. 0, p. 1–2, 2016.

GABBETT, T. J.; JENKINS, D. G. Relationship between training load and injury in professional rugby league players. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 14, n. 3, p. 204–209, 2011.

GABBETT, T. J.; NIELSEN, R. O.; BERTELSEN, M. L.; FRANCO, N.; BITTENCOURT, N.; FONSECA, S. T.; MALONE, S.; MØLLER, M.; OETTER, E. In pursuit of the ‘ Unbreakable ’ Athlete :

what is the role of moderating factors and circular causation ? **British journal of sports medicine**, 2018.

GABBETT, T. J.; WHITELEY, R. Two Training-Load Paradoxes: Can We Work Harder and Smarter, Can Physical Preparation and Medical be Team-Mates? **International journal of sports physiology and performance**, v. 10, n. 1, p. 1–16, 2017.

GABBETT, T. J.; WHYTE, D. G.; HARTWIG, T. B.; WESCOMBE, H.; NAUGHTON, G. The relationship between workloads, physical performance, injury and illness in adolescent male football players. **Sports Medicine**, v. 44, n. 7, p. 989–1003, 2014.

GAMBLE, P. Periodisation of Training for Team Sports Athletes. **Strength and Conditioning Journal**, v. 28, n. 5, p. 56–66, 2006.

GRIFFIN, A.; KENNY, I. C.; COMYNS, T. M.; LYONS, M. The Association Between the Acute:Chronic Workload Ratio and Injury and its Application in Team Sports: A Systematic Review. **Sports Medicine**, v. 50, n. 3, p. 561–580, 2020.

HADDAD, M.; STYLIANIDES, G.; DJAOUI, L.; DELLAL, A.; CHAMARI, K. Session-RPE method for training load monitoring: Validity, ecological usefulness, and influencing factors. **Frontiers in Neuroscience**, v. 11, p. 1–14, 2017.

HÄGGLUND, M.; WALDÉN, M.; MAGNUSSON, H.; KRISTENSON, K.; BENGTSSON, H.; EKSTRAND, J. Injuries affect team performance negatively in professional football : an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. **British journal of sports medicine**, v. 47, n. 12, p. 738–742, 2013.

HALSON, S. L. Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. **Sports Medicine**, v. 44, n. 2, p. 139–147, 2014.

HALSON, S. L.; JEUKENDRUP, A. E. Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research. **Sports Medicine**, v. 34, n. 14, p. 967–981, 2004.

HOPKINS, W. G. **A New View of Statistics**. 2002. Disponível em: <http://sportsci.org/resource/stats/effectmag.html>.

HORTA, T. A. G. et al. Training load impact on recovery status in professional volleyball athletes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 26, n. 2, 2020.

HORTA, T. A. G.; BARA FILHO, M. G.; MIRANDA, R.; COIMBRA, D. R.; WERNECK, F. Z. Influência dos saltos verticais na percepção da carga interna de treinamento no voleibol. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 23, n. 5, p. 403–406, 2017.

HULIN, B. T.; GABBETT, T. J.; BLANCH, P.; CHAPMAN, P.; BAILEY, D.; ORCHARD, J. W. Spikes in acute workload are associated with increased injury risk in elite cricket fast bowlers. **British journal of sports medicine**, v. 48, n. 8, p. 708–12, 2014.

HULIN, B. T.; GABBETT, T. J.; CAPUTI, P.; LAWSON, D. W.; SAMPSON, J. A. Low chronic workload and the acute:chronic workload ratio are more predictive of injury than between-match recovery time: a two-season prospective cohort study in elite rugby league players. **British Journal of Sports Medicine**, v. 50, n. 16, p. 1008–1012, 2016. a.

HULIN, B. T.; GABBETT, T. J.; LAWSON, D. W.; CAPUTI, P.; SAMPSON, J. The acute:chronic workload ratio predicts injury: high chronic workload may decrease injury risk in elite rugby league players. **British Journal of Sports Medicine**, v. 50, n. 4, p. 231–236, 2016. b.

HULIN, B. T.; GABBETT, T. J.; PICKWORTH, N. J.; JOHNSTON, R. D.; JENKINS, D. G. Relationships Among PlayerLoad™, High-Intensity Intermittent Running Relationships Among PlayerLoad, High-Intensity Intermittent Running Ability, and Injury Risk in Professional Rugby League Players. n. March 2020, 2019.

HULIN, T.; GABBETT, T. J. Indeed association does not equal prediction : the never-ending search for the perfect acute : chronic workload ratio. v. 0, n. 0, p. 1–2, 2018.

IMPELLIZZERI, F. M.; COUTTS, S. W. A. J.; MCCALL, M. F. A. What Role Do Chronic Workloads

Play in the Acute to Chronic Workload Ratio ? Time to Dismiss ACWR and Its Underlying Theory. **Sports Medicine**, v. 51, n. 3, p. 581–592, 2021.

IMPELLIZZERI, F. M.; MARCORA, S. M.; COUTTS, A. J. Internal and External Training Load : 15 Years On Training Load : Internal and External Load Theoretical Framework : The Training Process. **International journal of sports physiology and performance**, v. 14, n. 2, p. 270–273, 2019.

IMPELLIZZERI, F. M.; MCCALL, A.; WARD, P.; BORN, L.; COUTTS, A. J. Training load and its role in injury prevention, part 2: Conceptual and methodologic pitfalls. **Journal of Athletic Training**, v. 55, n. 9, p. 893–901, 2020. a.

IMPELLIZZERI, F. M.; RAMPININI, E.; COUTTS, A. J.; SASSI, A.; MARCORA, S. M. Use of RPE-based training load in soccer. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 36, n. 6, p. 1042–1047, 2004.

IMPELLIZZERI, F. M.; TENAN, M. S.; KEMPTON, T.; NOVAK, A.; COUTTS, A. J. Acute : Chronic Workload Ratio: Conceptual Issues and Fundamental Pitfalls. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 15, n. 6, p. 907–913, 2020. b.

IMPELLIZZERI, F. M.; WARD, P.; COUTTS, A. J.; MCCALL, A. Training load and injury: part 1. The devil is in the detail – challenges to applying the current research in the training load and injury field. **Journal of Orthopaedic Sports Physical therapy**, v. 50, n. 10, p. 574–576, 2020. c.

IMPELLIZZERI, F. M.; WARD, P.; COUTTS, A. J.; MCCALL, A. Training load and injury: part 2. Questionable research practices hijack the truth and mislead well-intentioned clinicians. **Journal of orthopaedic & sports physical therapy**, v. 50, n. 10, p. 577–584, 2020. d.

IMPELLIZZERI, F. M.; WOODCOCK, S.; COUTTS, A. J.; FANCHINI, M. Acute to random chronic workload ratio is 'as' associated with injury as acute to actual chronic workload ratio: time to dismiss ACWR and its components. **SportRxiv Preprint**, 2020. e.

IMPELLIZZERI, F. M.; WOODCOCK, S.; MCCALL, A.; WARD, P. The acute-chronic workload ratio-injury figure and its 'sweet spot' are flawed. **British Journal of Sports Medicine**, 2019.

INTERNATIONAL OLYMPIC COMMITTEE INJURY AND ILLNESS EPIDEMIOLOGY CONSENSUS GROUP. International Olympic Committee Consensus Statement: Methods for Recording and Reporting of Epidemiological Data on Injury and Illness in Sports 2020 (Including the STROBE Extension for Sports Injury and Illness Surveillance (STROBE-SIIS)). **The Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, v. 8, n. 2, p. 1–33, 2020.

JASPERS, A.; DE BEÉCK, T. O.; BRINK, M. S.; FRENCKEN, W. G. P.; STAES, F.; DAVIS, J. J.; HELSEN, W. F. Relationships between the external and internal training load in professional soccer: What can we learn from machine learning? **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 13, n. 5, p. 625–630, 2018.

LAZARUS, B. H.; STEWART, A. M.; WHITE, K. M.; ROWELL, A. E.; ESMAEILI, A.; HOPKINS, W. G.; AUGHEY, R. J. Proposal of a global training load measure predicting match performance in an elite team sport. **Frontiers in Physiology**, v. 8, p. 1–8, 2017.

LIMA, R. F.; SILVA, A.; AFONSO, J.; CASTRO, H.; CLEMENTE, F. M. External and internal Load and their Effects on Professional Volleyball Training. **International Journal of Sports Medicine**, v. 41, n. 7, p. 468–474, 2020.

LOLLI, L.; BATTERHAM, A. M.; HAWKINS, R.; KELLY, D. M.; STRUDWICK, A. J.; THORPE, R.; GREGSON, W.; ATKINSON, G. Mathematical coupling causes spurious correlation within the conventional acute-to-chronic workload ratio calculations. **British journal of sports medicine**, v. 53, n. 15, p. 921–922, 2019.

MACDONALD, K. J.; PALACIOS-DERFLINGHER, L. M.; EMERY, C. A.; MEEUWISSE, W. H. The Effect of Injury Definition and Surveillance Methodology on Measures of Injury Occurrence and Burden in Elite Volleyball. **International Journal of Sports Medicine**, v. 39, n. 11, p. 860–866, 2018.

MACIEL, L. R.; ZWERVER, J.; STEWART, R. E.; AKKER- SCHEEK, I.; BRINK, M. S. Patellar tendon structure responds to load over a 7- week preseason in elite male volleyball players. **Scandinavian**

**Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 29, n. 7, p. 992–999, 2019.

MALONE, S.; OWEN, A.; NEWTON, M.; MENDES, B.; COLLINS, K. D.; GABBETT, T. J. The acute:chronic workload ratio in relation to injury risk in professional soccer. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 20, n. 6, p. 561–565, 2017.

MAUPIN, D.; SCHRAM, B.; CANETTI, E.; ORR, R. The Relationship Between Acute: Chronic Workload Ratios and Injury Risk in Sports: A Systematic Review. **Open Access Journal of Sports Medicine**, v. 11, p. 51–75, 2020.

MEEUSEN, R. et al. Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 45, n. 1, p. 186–205, 2013.

MENASPÀ, P. Are rolling averages a good way to assess training load for injury prevention? **British Journal of Sports Medicine**, v. 51, n. 7, p. 618–619, 2016.

MOONEY, M.; CHARLTON, P. C.; SOLTANZADEH, S.; DREW, M. K. Who 'owns' the injury or illness? Who 'owns' performance? Applying systems thinking to integrate health and performance in elite sport. **British Journal of Sports Medicine**, v. 0, n. 0, p. 1054–1055, 2017.

MORTON, R. H.; FITZ-CLARKE, J. R.; BANISTER, E. W. Modeling human performance in running. **Journal of Applied Physiology**, v. 69, n. 3, p. 1171–1177, 1990.

MUJIKÀ, I. The influence of training characteristics and tapering on the adaptation in highly trained individuals: A review. **International Journal of Sports Medicine**, v. 19, n. 7, p. 439–446, 1998.

MURRAY, N. B.; GABBETT, T. J.; TOWNSHEND, A. D. Relationship Between Pre-Season Training Load and In-Season Availability in Elite Australian Football Players. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 12, n. 6, p. 749–755, 2017.

MURRAY, N. B.; GABBETT, T. J.; TOWNSHEND, A. D.; HULIN, B. T.; MCLELLAN, C. P. Individual and combined effects of acute and chronic running loads on injury risk in elite Australian footballers. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 27, n. 9, p. 990–998, 2017.

NAKAMURA, F. Y.; MOREIRA, A.; AOKI, M. S. Monitoramento da Carga de Treinamento: A Percepção Subjetiva do Esforço da Sessão é um Método Confiável? **Revista da Educação Física**, v. 21, n. 1, p. 1–11, 2010.

NESSER, T. W.; DEMCHAK, T. J. Variations of preseason conditioning on volleyball performance. **Journal of Exercise Physiology**, v. 10, n. 5, p. 35–42, 2007.

NIELSEN, R. O. et al. Statement on methods in sport injury research from the 1st METHODS MATTER Meeting, Copenhagen, 2019. **British Journal of Sports Medicine**, v. 54, n. 15, p. 941–947, 2020.

ORCHARD, J. W.; JAMES, T.; PORTUS, M.; KOUNTOURIS, A.; DENNIS, R. Fast bowlers in cricket demonstrate up to 3- To 4-week delay between high workloads and increased risk of injury. **American Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 6, p. 1186–1192, 2009.

PASTOR, M. F.; EZECHIELI, M.; CLASSEN, L.; KIEFFER, O.; MILTNER, O. Prospective study of injury in volleyball players: 6 year results. **Technology and Health Care**, v. 23, n. 5, p. 637–643, 2015.

ROGALSKI, B.; DAWSON, B.; HEASMAN, J.; GABBETT, T. J. Training and game loads and injury risk in elite Australian footballers. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 16, n. 6, p. 499–503, 2013.

SAW, A. E.; MAIN, L. C.; GASTIN, P. B. Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review. **British journal of sports medicine**, v. 50, n. 5, p. 281–291, 2016.

SCHWELLNUS, M. et al. How much is too much? (Part 2) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness. **British Journal of Sports Medicine**, v. 50, n. 17, p. 1043–1052, 2016.

- SEAN W; WEST, S.; CROSS, M. J.; STOKES, K. A. A better way to determine the acute:chronic workload ratio? **British Journal of Sports Medicine**, v. 51, n. 3, p. 209–210, 2016.
- SHEPPARD, J. M.; GABBETT, T.; TAYLOR, K.; DORMAN, J.; LEBEDEW, A. J.; BORGEAUD, R. Development of a Repeated-Effort Test for Elite Men 's Volleyball. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 2, n. 3, p. 292–304, 2007.
- SOLIGARD, T. et al. How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness. **British Journal of Sports Medicine**, v. 50, n. 17, p. 1043–1052, 2016.
- SOLIGARD, T. et al. Sports injury and illness incidence in the Rio de Janeiro 2016 Olympic Summer Games: A prospective study of 11274 athletes from 207 countries. **British Journal of Sports Medicine**, v. 51, n. 17, p. 1265–1271, 2017.
- STAGNO, K. M.; THATCHER, R.; SOMEREN, K. A. A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. **Journal of Sports Sciences**, v. 25, n. 6, p. 629–634, 2007.
- TIMOTEO, T. F.; DEBIEN, P. B. Carga de treinamento sob a ótica da fisioterapia. In: SOCIEDADE NACIONAL DE FISIOTERAPIA ESPORTIVA E DA ATIVIDADE FÍSICA; NFN, Bittencourt; POP, Lima (org.). **PROFISIO Programa de Atualização em Fisioterapia Esportiva e Atividade Física**. Ciclo 9 ed. Porto Alegre: Artmed Panamericana, 2019. p. 57–91.
- TIMOTEO, T. F.; DEBIEN, P. B.; MILOSKI, B.; WERNECK, F. Z.; GABBETT, T. J.; BARA FILHO, M. G. Influence of workload and recovery on injuries in elite male volleyball players. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 35, n. 3, p. 791–796, 2021.
- TRAJKOVIĆ, N.; MILANOVIĆ, Z.; SPORIS, G.; MILIĆ, V.; STANKOVIĆ, R. The effects of 6 weeks preseason skill-based conditioning on physical performance in male volleyball players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 2, p. 1475–1480, 2012.
- TYSOE, A.; MOORE, I. S.; RANSON, C.; MCCAIG, S.; WILLIAMS, S. Bowling loads and injury risk in male first class county cricket: Is 'differential load' an alternative to the acute-to-chronic workload ratio? **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 23, n. 6, p. 569–573, 2020.
- VANDERLEI, F. M.; BASTOS, F. N.; TSUTSUMI, G. Y. C.; VANDERLEI, L. C. M.; NETTO JÚNIOR, J.; PASTRE, C. M. Characteristics and contributing factors related to sports injuries in young volleyball players. **BMC research notes**, v. 6, n. 1, p. 415, 2013.
- VERHAGEN, E.; GABBETT, T. J. Load, capacity and health: critical pieces of the holistic performance puzzle. **British Journal of Sports Medicine**, v. 53, n. 1, p. 5–6, 2019.
- VERHAGEN, E. L. M.; VAN DER BEEK, J.; BOUTER, L. M.; BAHR, R. M.; VAN MECHELEN, W. A one season prospective cohort study of volleyball injuries. **British journal of sports medicine**, v. 38, n. 4, p. 477–481, 2004.
- VEUGELERS, K. R.; YOUNG, W. B.; FAHRNER, B.; HARVEY, J. T. Different methods of training load quantification and their relationship to injury and illness in elite Australian football. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 19, n. 1, p. 24–28, 2016.
- VISNES, H.; BAHR, R. Training volume and body composition as risk factors for developing jumper's knee among young elite volleyball players. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 23, n. 5, p. 607–613, 2013.
- WANG, A.; HEALY, J.; HYETT, N.; BERTHELOT, G.; KRYGER, K. O. A systematic review on methodological variation in acute:chronic workload research in elite male football players. **Science and Medicine in Football**, v. 5, n. 1, p. 18–34, 2021.
- WANG, C.; VARGAS, J. T.; STOKES, T.; STEELE, R.; SHRIER, I. Analyzing Activity and Injury: Lessons Learned from the Acute:Chronic Workload Ratio. **Sports Medicine**, v. 50, n. 7, p. 1243–1254, 2020.
- WILLIAMS, S.; TREWARTHA, G.; CROSS, M. J.; KEMP, S. P. T.; STOKES, K. A. Monitoring what matters: A systematic process for selecting training load measures. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, p. 1–20, 2016.

WILLIAMS, S.; WEST, S.; CROSS, M. J.; STOKES, K. A. Better way to determine the acute:chronic workload ratio? **British Journal of Sports Medicine**, v. 51, n. 3, p. 209–210, 2017.

WINDT, J.; GABBETT, T. J. How do training and competition workloads relate to injury? The workload-injury aetiology model. **British journal of sports medicine**, v. 51, n. 5, p. 428–435, 2017.

WINDT, J.; GABBETT, T. J. Is it all for naught? What does mathematical coupling mean for acute:chronic workload ratios? **British Journal of Sports Medicine**, v. 53, n. 16, p. 988–990, 2019.

WINDT, J.; GABBETT, T. J.; FERRIS, D.; KHAN, K. M. Training load–injury paradox: is greater preseason participation associated with lower in-season injury risk in elite rugby league players? **British journal of sports medicine**, v. 51, n. 8, p. 645–650, 2017.

WOLFE, H.; POOLE, K.; TEZANOS, A. G. V; ENGLISH, R.; UHL, T. L. Volleyball overhead swing volume and injury frequency over the course of a season. **The International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 14, n. 1, p. 88–96, 2019.

**ANEXO A - Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética e Pesquisa****PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** A utilização de métodos subjetivos e objetivos de monitoramento da carga de treinamento e suas relações com a incidência de lesões em esportes coletivos

**Pesquisador:** Thiago Ferreira Timoteo

**Área Temática:**

**Versão:** 3

**CAAE:** 32413020.3.0000.5147

**Instituição Proponente:** Faculdade de Educação Física

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 4.259.798

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

JUIZ DE FORA, 04 de Setembro de 2020

---

**Assinado por:**  
**Jubel Barreto**  
**(Coordenador(a))**

## ANEXO B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Gostaríamos de convidar você a participar como voluntário (a) da pesquisa “A utilização de métodos subjetivos e objetivos de monitoramento da carga de treinamento e suas relações com a incidência de lesões em esportes coletivos”. O motivo que nos leva a realizar esta pesquisa é auxiliar no processo de prevenção de lesões no esporte. Nesta pesquisa pretendemos observar se há relação o treinamento e as lesões esportivas.

Caso você concorde em participar, vamos fazer as seguintes atividades com você: 1) após cada sessão de treinamento ou jogo o Sr. responderá a Escala de Percepção Subjetiva de Esforço da sessão. Esta é aplicada através da seguinte pergunta: “Como foi seu treino hoje?”. A escala varia de 0 a 10, sendo que 0 corresponde a “repouso” e 10 “máximo”. 2) antes de cada sessão de treinamento o Sr. responderá à Escala de Qualidade Total de Recuperação. Esta é aplicada da seguinte pergunta: “Como você se sente em relação a sua recuperação?”. A escala varia de 6 a 20 pontos, em que 6 corresponde a “Nada recuperado” e 20, a “Totalmente bem recuperado”. 3) o Sr. utilizará uma fita com um sistema de frequencímetro cardíaco, sistema de posicionamento global (GPS) e acelerômetro. Dessa forma serão fornecidos dados de frequência cardíaca (FC), distância, velocidade e aceleração. durante cada sessão de treinos e jogos. 4) Serão registradas a duração de todas as sessões de treinamentos e jogos. 5) Médicos e/ou fisioterapeutas da equipe farão ainda o registro das lesões que venham a acontecer. Esta pesquisa possui risco mínimo relacionado a quebra de confidencialidade e a privacidade dos dados. Afim de minimizar esse risco o acesso aos dados coletados será limitado apenas aos pesquisadores responsáveis, sendo toda identificação do participante substituída por códigos. A pesquisa pode ajudar na melhora dos métodos de carga de treinamento, recuperação e a possibilidade da utilização desses na prevenção de lesões esportivas.

Para participar deste estudo você não vai ter nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, se você tiver algum dano por causadas atividades que fizemos com você nesta pesquisa, você tem direito a buscar indenização. Você terá todas as informações que quiser sobre esta pesquisa e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Mesmo que você queira participar agora, você pode voltar atrás ou parar de participar a qualquer momento. A sua participação é voluntária e o fato de não querer participar não vai trazer qualquer penalidade ou mudança na forma em que você é atendido (a). O pesquisador não vai divulgar seu nome. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. Você não será identificado (a) em nenhuma publicação que possa resultar.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável e a outra será fornecida a você. Os dados coletados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos. Decorrido este tempo, o pesquisador avaliará os documentos para a sua destinação final, de acordo com a legislação vigente. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos.

Declaro que concordo em participar da pesquisa e que me foi dada à oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Juiz de Fora, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_ .

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Participante

\_\_\_\_\_  
Assinatura do (a) Pesquisador (a)

**Thiago Ferreira Timoteo**  
Campus Universitário da UFJF  
Faculdade de Educação Física e Desportos/ Departamento  
de Fundamentos/ Universidade Federal de Juiz de Fora  
CEP: 36036-900  
Fone: (32) 98876 9028  
E-mail: [thiagotimoteo@gmail.com](mailto:thiagotimoteo@gmail.com)

Rubrica do Participante de pesquisa ou responsável: \_\_\_\_\_  
Rubrica do pesquisador: \_\_\_\_\_

Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:  
CEP - Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos - UFJF  
Campus Universitário da UFJF  
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa  
CEP: 36036-900  
Fone: (32) 2102- 3788 / E-mail: [cep.propesq@ufjf.edu.br](mailto:cep.propesq@ufjf.edu.br)

**ANEXO C - Escala de Percepção Subjetiva do Esforço CR-10**

---

0	Repouso
1	Muito, muito leve
2	Leve
3	Médio
4	Um pouco pesado
5	Pesado
6	
7	Muito pesado
8	
9	
10	Máximo

---

(FOSTER et al., 2001)

## ANEXO D - FIVB Injury Surveillance System

### Definições e Códigos (PT)

#### 1 Função do jogador

- S Levantador
- D Diagonal/oposto/atacante posição 2
- O Jogador da ponta/atacante posição 4
- C Jogador de meio/central
- L Libero

#### 2 Parte do corpo lesionada (localização da lesão)

##### Cabeça e tronco

- 1 Face (incl. olhos, orelhas, nariz)
- 2 Cabeça
- 3 Pescoço/coluna cervical
- 4 Coluna dorsal/região dorsal
- 5 Esterno/costelas
- 6 Coluna lombar/região lombar
- 7 Abdômen
- 8 Pélvis/sacro/nádega

##### Membros superiores

- 11 Ombro/clavícula
- 12 Braço
- 13 Cotovelo
- 14 Antebraço
- 15 Punho
- 16 Mão
- 17 Dedo
- 18 Polegar

##### Membros inferiores

- 21 Quadril
- 22 Virilha
- 23 Coxa (a : anterior/p : posterior)
- 24 Joelho (m : medial/l : lateral)
- 25 Perna (a : anterior/p : posterior)
- 26 Tendão de Aquiles
- 27 Tornozelo (m : medial/l : lateral)
- 28 Pé/dedos

#### 3 Tipo de lesão (diagnóstico)

- 1 Concussão cerebral (com ou sem perda de consciência)
- 2 Fratura por traumatismo
- 3 Fratura por sobrecarga
- 4 Outras lesões ósseas
- 5 Luxação, subluxação
- 6 Ruptura do tendão
- 7 Ruptura dos ligamentos

- 8 Entorse (lesão das articulações ou dos ligamentos)
- 9 Lesão do menisco ou de cartilagem
- 10 Distensão /ruptura muscular
- 11 Contusão/hematoma/equimose
- 12 Tendinose/tendinopatia
- 13 Artrite/sinusite/bursite
- 14 Fascite/lesão da aponeurose
- 15 Pinçamento
- 16 Laceração/abrasão/lesão da pele
- 17 Lesão dental/dente quebrado
- 18 Lesão de um nervo/da medula espinhal
- 19 Câimbras ou espasmos musculares
- 20 Outros

#### 4 Causa da lesão

- 1 Sobrecarga (aparición gradual)
- 2 Sobrecarga (aparición súbita)
- 3 Traumatismo sem contacto
- 4 Recorrência de lesão anterior
- 11 Contato com outro desportista
- 12 Contato: objeto móvel (p.ex. bola)
- 13 Contato: objeto imóvel (p.ex. trave)
- 14 Violação das regras (bloqueio, empurrão)
- 21 Condições da quadra do jogo
- 22 Condições meteorológicas
- 23 Material defeituoso
- 24 Outros

#### 5 Duração estimada da ausência do desportista do treinamento ou competição (em dias)

Indique o número estimado de dias em que o desportista não poderá levar a cabo seu programa normal de treinamento ou competir:

- 0 = 0 dias
- 1 = 1 dia
- 2 = 2 dias
- 7 = 1 semana
- 14 = 2 semanas
- 21 = 3 semanas
- 28 = 4 semanas
- > 30 = mais de 4 semanas
- > 180 = 6 meses ou mais
- CE = carreira encerrada