



Maturação biológica e incidência de lesões. Um estudo em jovens praticantes de futebol

Inês Silva de Carvalho

Porto, 2025



Maturação biológica e incidência de lesões.

Um estudo em jovens praticantes de futebol

Dissertação apresentada à Faculdade de
Desporto da Universidade do Porto com vista à
obtenção do grau de Mestre em Treino
Desportivo no ramo de Treino de Jovens
(Decreto-Lei nº 74/2006, de 24 de março, na
redação dada pelo Decreto-Lei nº 65/2018 de
16 de agosto), sob orientação da Professora
Doutora Sara Pereira e coorientação do
Professor Doutor Matheus Pacheco.

Inês Silva de Carvalho

Porto, 2025

Ficha de catalogação

Carvalho, I.S. (2025). Maturação biológica e incidência de lesões. Um estudo em jovens praticantes de futebol. Porto: I. S. Carvalho. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Treino Desportivo no ramo Treino de Jovens, apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Palavras-chave: FUTEBOL; JOVENS ATLETAS; MATURAÇÃO BIOLÓGICA; PICO DE VELOCIDADE ALTURA; LESÕES

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, que sempre me apoiaram ao longo do meu percurso académico.

AGRADECIMENTOS

A todos os que, de alguma forma, fizeram parte desta trajetória, deixo aqui o meu mais sincero agradecimento.

À **Faculdade de Desporto da Universidade do Porto (FADEUP)**, manifesto a minha profunda gratidão pelos dois anos de intenso investimento em formação, pela abertura para novas ideias e pelo estímulo constante ao desenvolvimento de competências críticas. Aos meus professores, Doutora Sara e Doutor Matheus, agradeço pela orientação, disponibilidade, rigor académico e compreensão, elementos que foram determinantes para a consolidação deste projeto académico.

Ao **Futebol Clube do Porto**, expresso a minha gratidão pela oportunidade de desenvolver esta dissertação, pelo acesso a um ambiente de investigação e pelo apoio direto na concretização deste trabalho. A liberdade e os recursos disponibilizados permitiram que esta investigação se desenvolvesse, consolidando a qualidade do processo científico.

Ao **Doutor Filipe Puga**, agradeço por disponibilizar os dados essenciais, permitindo a materialização desta investigação, assim como a disponibilidade para ajudar ao longo do processo. Ao **José Ribeiro**, expresso o meu agradecimento pela orientação direta e pelo interesse genuíno em apoiar cada etapa do meu percurso académico e profissional.

Aos meus **colegas de trabalho**, deixo o meu reconhecimento pelo contributo, direto ou indireto, para este percurso. A colaboração, o apoio e a partilha foram elementos essenciais que enriqueceram significativamente o meu trabalho.

Aos meus **pais** e ao meu **irmão**, o meu agradecimento mais profundo e especial. O vosso apoio incondicional, confiança e incentivo constante constituíram pilares fundamentais para a realização desta dissertação e para a concretização dos meus objetivos académicos e pessoais.

Aos meus **amigos**, agradeço pela paciência nos momentos em que a dedicação ao trabalho exigia prioridade, pelo incentivo constante e pela capacidade de me acompanhar mesmo nos momentos mais exigentes. A vossa presença e apoio foram decisivos para manter a motivação e a persistência ao longo de todo o percurso.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para esta caminhada, deixo o meu reconhecimento e gratidão. Este trabalho só se tornou possível graças ao vosso apoio, dedicação e inspiração.

Índice Geral

Índice de Tabelas	xii
Índice de Figuras	xiii
RESUMO	xv
ABSTRACT	xvii
LISTA DE ABREVIATURAS	xviii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
3. OBJETIVOS DO ESTUDO	14
4. HIPÓTESES DO ESTUDO	15
5. METODOLOGIA	17
5.1.Desenho do estudo	17
5.2.Procedimentos de Recolha de Dados	17
5.3.Dados Antropométricos	17
5.4.Registo de Lesões	18
5.5.Classificação das Lesões	18
5.6.Maturação Biológica	19
5.7.Análise Estatística	19
6. RESULTADOS	21
6.1.Caracterização da amostra	21
6.2.Caraterização das lesões	22
6.3.Associação entre maturação biológica e lesões	25
6.3.1.Incidência de lesões e maturação biológica	25
6.3.2.Tipo de lesão e maturação biológica	26
6.3.3.Gravidade da lesão e maturação biológica	28
7. DISCUSSÃO	30
7.1.Caracterização das Lesões	30
7.2.Incidência de lesões e maturação biológica	31

7.3.Tipo de lesões e maturação biológica	32
7.4.Gravidade da lesão e maturação biológica	33
8. LIMITAÇÕES DO ESTUDO	36
9. CONCLUSÃO	37
10. IMPLICAÇÕES PRÁTICAS	38
11. SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS	40
12. BIBLIOGRAFIA	41

Índice de Tabelas

Tabela 1. Valores descritivos da amostra relativamente à idade, altura, peso corporal e offset.....	23
Tabela 2. Diagnóstico, tipo de lesão e Gravidade de todas as lesões durante 3 épocas desportivas.....	24
Tabela 3. Razão de taxas de incidência (RTI) e intervalos de confiança de 95% (95%IC) para a associação entre maturação biológica e incidência de lesões em jovens futebolistas.....	25
Tabela 4. Probabilidades ajustadas de gravidade da lesão em função do <i>offset</i> maturacional.....	27
Tabela 5. Probabilidades ajustadas de gravidade da lesão em função do <i>offset</i> maturacional.....	28

Índice de Figuras

Figura 1. Distribuição do número de lesões por atleta (% de atletas) registada ao longo de três épocas desportivas.....	23
Figura 2. Médias marginais preditas do número de lesões em função da maturação biológica (antes, durante e após o PVA)	36
Figura 3. Probabilidades preditas de ocorrência de lesões traumáticas e de sobreuso em função do estágio de maturação biológica (pré-PVA, durante PVA e pós-PVA) .	27
Figura 4. Probabilidades ajustadas de gravidade das lesões (leve, moderada, grave e muito grave) em função do estágio de maturação (pré-, durante e pós-PVA).....	29

RESUMO

O futebol é a modalidade desportiva com mais praticantes em Portugal, com uma elevada representação de atletas infantojuvenis. A ocorrência de lesões representa uma preocupação para os treinadores e o restante staff, não apenas pelo impacto na prática desportiva, mas também pelas potenciais repercussões nas trajetórias destes jovens. Esta dissertação teve como propósito a caracterização das lesões no futebol infantojuvenil, bem como investigar a sua associação com a maturação biológica.

Para tal, foi conduzido um estudo prospetivo de coorte envolvendo 273 atletas do sexo masculino (escalões U11 a U17), acompanhados ao longo de três épocas desportivas (2021-2022, 2022-2023 e 2023-2024). Foram recolhidos dados antropométricos (altura e peso) e registadas todas as lesões ocorridas, que foram classificadas segundo a sua tipologia, localização e gravidade. Para obter informação da maturação biológica mais especificamente do pico de velocidade de altura (PVA), recorreu-se à maturação somática, por via do método de estimação “*offset maturacional*” e os atletas foram classificados em três grupos: antes do PVA, durante o PVA e após o PVA.

Durante as três épocas desportivas foram registadas 414 lesões. Destas, 55.8% eram traumáticas e 44.2% por sobreuso. As mialgia/miotite (30.9%) e entorses (16.7%) foram as lesões mais frequentes. A análise de associações entre maturação biológica e incidência de lesões mostrou que os atletas durante o PVA têm uma incidência de lesão 42.0% superior à dos seus pares em fase pré-PVA, mas não foram verificadas diferenças significativas entre os atletas pré- e pós-PVA ($p < 0.05$). Além disso, durante o PVA, observou-se uma distribuição equilibrada do tipo de lesões (50.6% e 49.4% lesões traumáticas e de sobreuso, respetivamente), ao passo que nas outras fases (pré- e pós-PVA) há uma maior incidência de lesões traumáticas (65.9% e 58.9%, respetivamente). Por fim, verificou-se que, durante e pós- PVA, aumenta a probabilidade de ocorrência de lesões de maior gravidade comparativamente com o período pré-PVA.

O período em torno do PVA emerge como uma fase particularmente vulnerável, destacando a importância da monitorização sistemática da maturação biológica, da gestão individualizada da carga de treino e da implementação de programas de prevenção adaptados ao estágio de desenvolvimento de cada atleta.

Palavras-chave: Futebol; Jovens atletas; Maturação biológica; Lesões.

ABSTRACT

Soccer is the most practiced sport in Portugal, with a large proportion of youth participants. Injuries are a key concern for coaches and support staff, not only for their impact on participation but also for their potential repercussions on young athletes' trajectories. This dissertation aimed to characterize injuries in youth soccer and examine their association with biological maturation.

We conducted a prospective cohort study involving 273 male athletes (U11–U17) followed across three seasons (2021–2022, 2022–2023, and 2023–2024). Anthropometric data (height and weight) were collected, and all injuries were recorded and classified by type, location, and severity. Biological maturation, specifically peak height velocity (PHV), was estimated using the Maturity Offset method, and athletes were categorized as pre-PHV, at PHV, or post-PHV.

Across the three seasons analyzed, 414 injuries were recorded: 55.8% traumatic and 44.2% overuse. Myalgia/myositis (30.9%) and sprains (16.7%) were the most frequent. Athletes at PHV had a 42.0% higher injury incidence than their pre-PHV peers, with no significant differences between pre- and post-PHV groups ($p < 0.05$). During PHV, injury types were evenly distributed (50.6% traumatic and 49.4% overuse), whereas in the pre- and post-PHV phases, traumatic injuries predominated (65.9% and 58.9%, respectively). The likelihood of more severe injuries was also higher during and after PHV than before PHV.

The period around PHV appears particularly vulnerable, underscoring the importance of systematic monitoring of biological maturation, individualized management of training load, and prevention programs tailored to each athlete's developmental stage.

Keywords: Football; Youth athletes; Biological maturation; Injuries

LISTA DE ABREVIATURAS

FADEUP: Faculdade de Desporto da Universidade do Porto

CEFADE: Comissão de Ética da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto

IPDJ: Instituto Português do Desporto e Juventude

UEFA: Union of European Football Associations

FIFA: Fédération Internationale de Football Association

OSTRC : Oslo Sports Trauma Research Center

ISAK: International Society for the Advancement of Kinanthropometry

YPD: Youth Physical Development Model

PVA: Pico Velocidade Altura

IMC: Índice de massa corporal

RTI: Razão de taxa de incidência

OR: Odds Ratio (razão de chances)

EP: Erro-padrão

DP: Desvio-padrão

M: Média

ns: Não significativo

N: Número de casos/observações

d: dias

U11: Escalão etário Sub-11

U12: Escalão etário Sub-12

U13: Escalão etário Sub-13

U14: Escalão etário Sub-14

U15 : Escalão etário Sub-15

U16: Escalão etário Sub-16

U17: Escalão etário Sub-17

1. INTRODUÇÃO

O futebol é atualmente uma das modalidades desportivas com maior expressão a nível mundial, não só pela sua dimensão competitiva, mas também pelo impacto social e cultural que representa (Herrero et al., 2014; Sarmiento et al., 2020). Em Portugal, esta realidade é particularmente evidente, segundo dados do Instituto Português do Desporto e Juventude (IPDJ, 2024), em 2024, estavam inscritos 238.441 atletas na modalidade, dos quais aproximadamente 72.7% eram jovens do sexo masculino com menos de 18 anos. Esta expressiva participação por parte da população infanto-juvenil levanta questões pertinentes quanto às implicações da prática do futebol, não só, nos diferentes domínios do desenvolvimento (motor, físico, cognitivo e social), mas também no que se refere aos riscos associados à ocorrência de lesões durante o processo de crescimento destes atletas.

Sendo uma modalidade de elevada exigência física, o futebol expõe os seus praticantes, desde tenra idade, a estímulos intensos e repetitivos, como acelerações, desacelerações, mudanças de direção, saltos e remates (Dolci et al., 2020). Estes estímulos desencadeiam várias adaptações nos sistemas fisiológico, neuromuscular e musculoesquelético (Dolci et al., 2020; Kusuma et al., 2024). Contudo, a forma como cada jovem atleta responde e se adapta a estas exigências e estímulos é altamente influenciada pelo seu próprio processo de crescimento (Dolci et al., 2020; Kusuma et al., 2024; Wik, 2022)

Ao longo deste processo de crescimento, os atletas passam por profundas alterações morfológicas e funcionais que afetam a sua resposta ao treino e à competição (Radnor et al., 2022; Wik, 2022). Alguns exemplos destas alterações incluem modificações do tipo predominante de fibras musculares, a dimensão da massa muscular, o comprimento dos fascículos, a composição e o tamanho dos tendões, a capacidade de recrutamento das unidades motoras bem como densidade mineral óssea (Radnor et al., 2022; Wik, 2022). Estas adaptações, embora fisiológicas, podem gerar períodos de maior instabilidade biomecânica e,

consequentemente, vulnerabilidade física (Wik, 2022).

A maturação, que diz respeito ao processo de progressão que conduz ao estado do corpo biologicamente maduro (Malina et al., 2015), é frequentemente avaliada por indicadores somáticos como o pico de velocidade de altura (PVA), momento em que se verifica a maior taxa de crescimento em altura (Wik, 2022). A evidência sugere que esta fase pode ser particularmente sensível à ocorrência de lesões, pressupondo que possíveis desequilíbrios entre o crescimento ósseo, muscular e desenvolvimento neuromuscular estejam na origem do aumento da incidência de lesões (Materne et al., 2021; Radnor et al., 2018).

Diversos estudos têm demonstrado que as variações nos ritmos de crescimento e maturação entre indivíduos não só influenciam o desempenho desportivo, como também estão associadas a diferentes níveis de incidência de lesões (Materne et al., 2021). Estes momentos do processo de crescimento que parecem representar maior vulnerabilidade, integram igualmente os fatores de risco intrínsecos mais discutidos na literatura a par com as características antropométricas e da composição corporal (e.g. altura, índice de massa corporal -IMC e a percentagem de gordura corporal) (Mandorino et al., 2023; Materne et al., 2021). Estudos anteriores revelaram associações entre o momento de ocorrência do PVA com incidência, tipo e gravidade de lesões (Mandorino et al., 2023; Materne et al., 2021; Monasterio et al., 2021).

No futebol, a diferença entre o nível de maturação biológica dos atletas e o escalão competitivo em que são colocados pode criar uma exposição desigual ao desporto. Esta desigualdade é diretamente influenciada pelas capacidades físicas e maturacionais de cada jogador. Embora os benefícios da prática sejam reconhecidos (Oliveira & Silva, 2020), é crucial considerar os riscos associados, sobretudo no que diz respeito à incidência de lesões (Mandorino et al., 2023; Robles- Palazón et al., 2022).

Apesar da relação entre maturação biológica e risco de lesão ser amplamente debatida, os estudos existentes apresentam resultados heterogêneos e, muitas vezes, limitados na sua capacidade de identificar tendências claras associadas ao momento de maturação (Radnor et al., 2022). Assim, compreender esta relação é fundamental

para otimizar a gestão do treino, e intervenção individual dos atletas de acordo com o seu próprio crescimento e desenvolvimento (Mandorino et al., 2023).

Face ao exposto, esta dissertação tem como objetivo caracterizar a incidência de lesões em atletas praticantes de futebol no período da adolescência, bem como, investigar a sua associação com a maturação somática.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A adolescência corresponde a uma fase de transformações importantes, no crescimento somático e no desenvolvimento físico, resultantes sobretudo da interação entre fatores hormonais, genéticos e ambientais. Durante este período, observa-se um aumento significativo da estatura e da massa corporal, associado a alterações na composição corporal. Nos rapazes há uma redução relativa do tecido adiposo e o aumento da massa magra, em virtude da ação da testosterona (Malina et al., 2015). Estas mudanças não ocorrem de forma linear e são caracterizadas por variações no ritmo e no momento do crescimento, o que explica a grande variabilidade interindividual entre os jovens neste período (Rogol et al., 2000).

Do ponto de vista músculo-esquelético, o crescimento ósseo característico nesta fase de desenvolvimento influencia a adaptação dos tecidos moles, criando períodos transitórios de maior tensão sobre estruturas como tendões, apófises e placas de crescimento (Lloyd & Oliver, 2012). Além disso, as diferenças hormonais constituem outro aspeto relevante. Nos rapazes o crescimento e o maior acúmulo de massa muscular conferem um perfil físico distinto (Malina et al., 2015). Estas alterações no processo de desenvolvimento influenciam não só o desempenho desportivo, mas também o tipo e a frequência das lesões, como têm mostrado revisões de carácter epidemiológico em jovens atletas (Faude et al., 2013; Read et al., 2016).

Por exemplo, Faude et al., (2013), num estudo de revisão acerca da incidência e caracterização das lesões no futebol durante a infância e adolescência, mostraram que o risco de lesão aumenta com a idade, tornando-se mais evidente entre os 15 e 19 anos, momento em que a maior parte dos atletas já teve o pico de velocidade de altura. O crescimento físico na adolescência é assim um processo complexo, que envolve alterações rápidas, acompanhadas de adaptações desiguais entre tecidos e sistemas que colocam desafios acrescidos à prática desportiva. Estes autores mostraram ainda que a exposição à competição (os jogos) parece provocar mais lesões do que a preparação desportiva (os treinos).

O futebol caracteriza-se por uma elevada exigência física, marcada por esforços intermitentes de alta intensidade, mudanças de direção e contacto físico, fatores que contribuem para uma elevada incidência de lesões em jovens praticantes (Dolci et al., 2020; Faude et al., 2013). No futebol de formação, embora as exigências físicas sejam inferiores às do futebol profissional, colocam da mesma forma elevados desafios aos diferentes sistemas, incluindo o cardiorrespiratório, neuromuscular e metabólico (Bangsbo et al., 2006).

Estudos com jovens jogadores demonstram que, mesmo em idades precoces (U13 a U15), os atletas já percorrem distâncias médias entre 6 e 8 km por jogo, com 10–20% desse volume realizado em intensidade moderada a elevada, incluindo *sprints*, acelerações e desacelerações (Castagna & Castellini, 2013; Clemente et al., 2021). Estas ações explosivas são fundamentais para o seu desempenho, mas implicam elevados níveis de força reativa, potência anaeróbia e capacidade de recuperação, aspetos que ainda se encontram em desenvolvimento na adolescência (Lloyd & Oliver, 2012).

Por exemplo, de acordo com o *Youth Physical Development Model*, uma grande parte das capacidades físicas dos jovens, como força, potência, velocidade, agilidade, bem como as habilidades motoras é treinável ao longo de toda a infância e adolescência. No entanto, na transição para a adolescência é recomendável o reforço na melhoria das capacidades físicas. Em particular, a força surge nesta fase como uma capacidade crucial que se relaciona diretamente com melhorias na velocidade, potência e mudança de direção (Lloyd & Oliver, 2012), aspetos característicos do jogo de futebol.

Por outro lado, a literatura tem procurado compreender os fatores que influenciam a ocorrência de lesões em jovens atletas, especialmente em modalidades de alta exigência física como o futebol. Estima-se que, em média, entre 50% e 60% dos jogadores venham a sofrer pelo menos uma lesão ao longo de uma época desportiva (Jones et al., 2019; Pfirrmann et al., 2016). Quando comparados com os atletas seniores, os jovens apresentam uma incidência ligeiramente superior, embora, de maneira geral, as lesões se revelem de menor gravidade (Jones et al., 2019).

Contudo, tal como nos adultos, resultam frequentemente em interrupções prolongadas da atividade desportiva, entre 3% e 32% são classificadas como muito graves, implicando ausências superiores a 28 dias (Jones et al., 2019). A este respeito os modelos de desenvolvimento têm sugerido que a melhoria das capacidades físicas pode ajudar a reduzir o risco de lesão, sobretudo as de sobreuso, face à adequada preparação neuromuscular como consequência da melhoria das capacidades físicas (Lloyd & Oliver, 2012).

Nos jovens praticantes de futebol, as lesões mais frequentes envolvem estruturas musculares da coxa e entorses localizadas predominantemente no joelho e tornozelo (Jones et al., 2019; Pfirmann et al., 2016; Stevens et al., 2016). Por exemplo, Jones et al. (2019), numa revisão com jovens futebolistas de elite, mostraram que 72 a 93% das lesões incidem nos membros inferiores, com maior frequência para as lesões combinadas do tornozelo/pé, seguidas do joelho e da coxa. Adicionalmente, os autores reportaram que parece haver uma predominância de lesões sem contacto com os opositores, frequentemente associadas a acelerações, desacelerações e mudanças de direção.

Este padrão, isto é, o domínio das lesões nos membros inferiores sobretudo em movimentos de aceleração, desaceleração e mudanças de direção em conjunto com as alterações antropométricas e neuromusculares próprias desta fase da vida, pode explicar o motivo pelo qual a maturação biológica, recorrentemente é apontada nos modelos de desenvolvimento como um fator importante para a incidência, tipo e gravidade das lesões nos atletas infantojuvenis. Assim, entre os fatores intrínsecos associados ao risco de lesão, a maturação biológica tem sido amplamente referida, na maioria dos estudos, como determinante na incidência, tipo e gravidade das lesões (Mandorino et al., 2023; Materne et al., 2021; Monasterio et al., 2023). Durante esta fase, verificam-se alterações fisiológicas, biomecânicas e neuromusculares que podem aumentar a suscetibilidade a lesões (Mandorino et al., 2023).

Apesar desta relação bem descrita, a magnitude da associação entre maturação e risco de lesão varia consideravelmente entre estudos, sobretudo em função das metodologias utilizadas para estimar a maturação e da ausência de dados

longitudinais consistentes (Malina et al., 2015). Estas limitações metodológicas foram sublinhadas por várias revisões, que defendem a necessidade de maior padronização na avaliação da maturação biológica para que seja possível estabelecer relações mais robustas entre estas variáveis e a epidemiologia das lesões (Read et al., 2018). Como referido existem diferentes formas para estudar a maturação biológica, incluindo a idade óssea, via radiografia da mão e punho, (Dut et al., 2023; Facioni, 2012; Le Gall et al., 2007; Malina, 2010; Materne et al., 2021), a previsão da estatura adulta (Light et al., 2021; Johnson et al., 2022), e o PVA (Bult et al., 2018; Hall et al., 2022; Johnson et al., 2020; Monasterio et al., 2023; Monasterio et al., 2021; Van Der Sluis et al., 2014). Tendo por base os diferentes métodos, os resultados são, por vezes, controversos e questionam a existência de um período específico de maior vulnerabilidade, não havendo ainda um consenso absoluto de qual é o período de maior suscetibilidade (Mandorino et al., 2023).

Considerando a idade óssea, existem estudos que referem que o momento em que o processo de desenvolvimento biológico está a decorrer mais rapidamente do que o esperado para a sua idade cronológica é a fase que torna estes atletas mais vulneráveis (Dut et al., 2023; Materne et al., 2022; Mandorino et al., 2023). Por exemplo, Dut et al. (2023) referem que isto acontece devido a uma maior vulnerabilidade do tecido ósseo durante este período, em particular nos locais de crescimento, juntamente com as alterações no controlo motor e postural, aumentando assim o stress mecânico (Mandorino et al., 2023), colocando assim os jovens suscetíveis a lesões de sobreuso. (Dut et al., 2023; Mandorino et al., 2023).

Em contrapartida, outros autores sugerem que os atletas que se classificavam como “*on time*”, aqueles cujo desenvolvimento biológico corresponde à sua idade cronológica, eram menos suscetíveis a lesões (Le Gall et al., 2007).

No entanto, existe literatura disponível que não mostrou qualquer associação entre o estágio maturacional e o risco de lesão (Malina, 2010; Swain et al., 2018), embora estes últimos apresentem uma heterogeneidade elevada na classificação de lesões e por isso possam apresentar um resultado tão distinto dos restantes.

Considerando a utilização da percentagem de estatura adulta prevista como

marcador da maturação biológica, Johnson et al., (2022), numa amostra de atletas dos U11-U16, reportam uma relação não linear entre a percentagem da estatura adulta prevista e a probabilidade de lesão, com o maior risco de lesão a ocorrer no momento em que os atletas atingiram 92% da percentagem da estatura adulta prevista. Quando o jovem jogador atinge aproximadamente 83% para 92% da sua estatura adulta prevista, o risco de lesão aumenta em cerca de 10%, referindo assim que o período de crescimento rápido é a fase de maior vulnerabilidade. Por outro lado, Light et al. (2021), num estudo com atletas de U9-U21, observaram que a maioria das lesões ocorreram em jogadores que estavam classificados como “*on time*” (71%), seguidos por atletas que eram avançados maturacionalmente (19%) e os que eram atrasados maturacionalmente (10%). No entanto, este estudo apresenta potenciais vieses que influenciam a interpretação dos dados: (1) não considera as lesões ou queixas menos graves; (2) teve várias mudanças de *staff*; e (3) protocolos de monitorização diferentes ao longo das 4 épocas. Estes fatores podem ter afetado a consistência dos registos das lesões.

Por outro lado, o PVA é um dos indicadores mais utilizados na avaliação do estado maturacional. Em média, nos rapazes, este evento ocorre entre os 12.8 e os 16.5 anos (Bult et al., 2018; Mandorino et al., 2023), uma fase de rápidas alterações antropométricas que podem repercutir-se em desequilíbrios temporários nos vários sistemas. Uma parte substancial dos estudos associa o momento do PVA a uma maior incidência de lesões, sugerindo que este potencia desequilíbrio temporário e aumenta a suscetibilidade a lesões (Johnson et al., 2020; Rinaldo et al., 2021). Embora estes estudos também apresentem algumas limitações metodológicas relevantes, que podem condicionar a solidez e a generalização das conclusões, incluindo: (1) amostras de dimensão reduzida (<100 atletas); (2) baseiam-se em questionários autorreportados pelos atletas; e (3) raramente fornecem informação detalhada sobre a gravidade das lesões.

Do ponto de vista fisiológico, o rápido crescimento ósseo nem sempre é acompanhado por adaptações musculares e neuromusculares proporcionais, gerando desequilíbrios

biomecânicos significativos (Caine et al., 2022; Materne et al., 2021; Radnor et al., 2022; Wik, 2022). Estes desequilíbrios aumentam a tensão sobre estruturas em desenvolvimento, como placa de crescimento e apófises, favorecendo o aparecimento de lesões por sobreuso (Malina et al., 2021). É por esta razão que o crescimento rápido se associa frequentemente a lesões de sobreuso, como apofisites e tendinopatias, devido à sobrecarga repetitiva em estruturas ainda em adaptação. Paralelamente, e considerando esta hipótese, indivíduos mais avançados na maturação esquelética podem ter alguma proteção para lesões de sobreuso (Maffulli et al., 2020). Wachholz et al. (2020), num estudo que investiga diferenças no controlo postural estável entre adolescentes e adultos, mencionam que a altura pode desempenhar um papel no controlo postural, mas o estágio de desenvolvimento é mais importante para as diferenças observadas, dando ênfase à hipótese de processamento mais lento de comandos motores em adolescentes. Isto significa que, nesta fase, o controlo neuromuscular fica temporariamente pior, dado que os segmentos corporais aumentam de tamanho numa taxa mais elevada do que noutros períodos, alterando o centro de massa e comprometendo a coordenação motora. Esta desaceleração na coordenação é intitulada de “*adolescent awkwardness*”, descrita pela diminuição temporária da coordenação motora habitualmente observada durante o PVA, resultante de um desfasamento entre o rápido crescimento corporal e a adaptação neuromuscular (Philippaerts et al., 2006; Wachholz et al., 2020).

Revisões sistemáticas disponíveis demonstraram que esta fase se associa a padrões biomecânicos menos eficientes, incluindo aumento das forças de impacto nas aterragens e menor controlo excêntrico, reconhecidos como fatores potenciais de risco para o desenvolvimento de lesões (Moran et al., 2017; Read et al., 2016). Torna-se evidente que a compreensão das alterações motoras nesta fase do desenvolvimento não pode ser dissociada do processo de maturação biológica. Assim, a monitorização do crescimento físico com vista à estimação da idade em que ocorrerá o pico de velocidade de altura para que os treinadores possam ajustar os seus programas do treino parece ser uma ferramenta essencial (Lloyd & Oliver, 2012) para reduzir o número de lesões.

Para além das fragilidades estruturais inerentes ao crescimento, a baixa mineralização óssea antes e durante o PHV torna o osso temporariamente mais poroso e aumenta o risco de fraturas. De facto, observa-se correlação entre menor densidade mineral óssea e pré-PVA e, consequentemente, é registada uma maior frequência de fraturas nesta fase (Bonjour & Chevalley, 2014).

Por outro lado, há outros estudos que demonstram que a fase crítica se encontra nos meses antes ou subsequentes ao PVA (Bult et al., 2018; Hall et al., 2022; Monasterio et al., 2021; Van der Sluis et al., 2014). Bult, et al., (2018) referem que os jogadores mais jovens não têm tanta carga semanal, inclusive têm menos horas de competição e isto pode justificar a maior incidência de lesões nos atletas após o PVA. Consequentemente, as lesões em jovens após o PVA são maioritariamente lesões de tecidos moles, o que pode estar relacionado à recuperação inadequada após cargas excessivas (Hall et al., 2022), já que as lesões relacionadas ao crescimento foram maiores no período antes e durante o PVA (Hall et al., 2022; Monasterio et al., 2021).

Para além destes fatores fisiológicos e biomecânicos, existem ainda estudos que destacam a experiência como um fator importante. Atletas mais velhos e biologicamente mais avançados geralmente apresentam uma maior experiência de treino e de competição, o que se traduz em melhor perceção de risco. Simultaneamente, as equipas técnicas tendem a ajustar progressivamente as cargas de treino, implementando programas de monitorização de carga mais rigorosos, aspetos que contribuem para reduzir a taxa de lesões (Johnson et al., 2019).

Adicionalmente, alguns autores destacam que a diminuição da incidência de lesões após o PVA pode ser devida ao papel de um possível efeito de seleção natural. Atletas que apresentam maior suscetibilidade a lesões, seja por fatores genéticos, anatómicos ou comportamentais, tendem a abandonar a prática competitiva ou ser afastados antes de atingir fases mais avançadas de maturação. Consequentemente, as amostras de atletas que permanecem em competição após o PVA tendem a incluir predominantemente indivíduos mais resistentes às exigências físicas tanto no treino como na competição, que pode contribuir para a diminuição observada na incidência

de lesões (Parry et al., 2024).

Como já foi referido, estas diferenças de maturação não influenciam apenas a incidência global de lesões, mas refletem-se também no tipo de lesões. Em jovens que ainda não atingiram a maturação, as lesões em estruturas ósseas e cartilaginosas, como fraturas de placa de crescimento e apofisites, são mais prevalentes, dado que as cartilagens são os pontos frágeis do sistema musculoesquelético. Já em atletas mais avançados maturacionalmente, o risco desloca-se para padrões semelhantes aos dos adultos, com maior frequência de lesões musculares (roturas musculares) e ligamentares (entorses e roturas) (Caine et al., 2006). O período de rápido crescimento, faz com que os tecidos moles (músculos, tendões e ligamentos) recuperem o equilíbrio em relação ao crescimento ósseo, este realinhamento reduz as forças de tração excessivas sobre a cartilagens de crescimento e apófises, diminuindo a predisposição para lesões de sobrecarga que poderiam estar a marcar o maior número de lesões durante o PVA (Malina et al., 2021). Isto vai de encontro à melhoria substancial encontrada na coordenação após o PVA. A estabilização dos segmentos corporais e a maturação do sistema nervoso central favorecem um controlo motor mais eficaz, aumentando a eficiência dos movimentos desportivos e reduzindo a ocorrência de mecanismos traumáticos, como entorses ou quedas (Read et al., 2018). Assim, as variações no tipo de lesão ao longo do desenvolvimento parecem refletir a vulnerabilidade diferencial dos tecidos durante o processo maturacional. Antes do PVA, as zonas de apófise e as inserções musculares nas regiões de crescimento ósseo constituem pontos de maior fragilidade. Após o PVA, a suscetibilidade desloca-se predominantemente para os tecidos moles, com músculos, tendões e ligamentos a apresentarem maior propensão para lesões. Adicionalmente, a possível redução transitória da capacidade de gerar força de forma eficaz pode aumentar o risco de lesões musculares ou ligamentares no período pós-PVA (Baxter-Jones, 1995; Van der Sluis et al., 2014; Wik, 2022). Em contraste, atletas atrasados maturacionalmente apresentam maior vulnerabilidade para lesões de sobrecarga, alterações osteocondrais e fraturas de *stress* (e.g., *Osgood-Schlatter*, *sinding-larsen-johansson*, doença de Sever ou doença de Iselin). Esta predisposição

parece relacionar-se com a imaturidade das estruturas osteocondrais e com a elevada solicitação mecânica repetitiva durante fases de rápido crescimento (Caine et al., 2022; Le Gall et al., 2007; Malina, 2010; Materne et al., 2021; Mandorino et al., 2023; Monasterio et al., 2021; Towlson et al., 2021; Wik., 2022;).

Adicionalmente, alguns autores reportam ainda um aumento de lesões traumáticas na fase pré-PVA, possivelmente associado a uma diminuição transitória do controlo neuromuscular e da coordenação motora. Estes aspetos podem comprometer a execução técnica e predispor a entorses, quedas ou lesões traumáticas (Read et al., 2018).

Do mesmo modo, o volume e a intensidade das cargas impostas pela modalidade podem gerar uma tensão excessiva em estruturas ainda em desenvolvimento. Antes do PVA, as apófises são particularmente vulneráveis, aumentando o risco de osteocondroses e apofisites, amplamente descritas em atletas no período pré- ou durante o PVA (Baxter-Jones, 1995; Van Der Sluis et al., 2014). Após o PVA, a vulnerabilidade desloca-se para os tecidos moles: músculos, tendões e ligamentos tornam-se mais suscetíveis às mesmas cargas. Esta variação biológica entre as diferentes fases maturacionais ajuda a explicar, pelo menos uma parte, a heterogeneidade no risco de lesão entre atletas. Por exemplo, atletas com maturação avançada apresentam maior propensão para desenvolver lesões musculares e ligamentares, como ruturas musculares na coxa e entorses da articulação tibiotársica (Le Gall et al., 2007; Malina, 2010; Materne et al., 2021; Mandorino et al., 2023). Em suma, mecanismos de sobrecarga semelhantes podem originar padrões lesivos distintos de acordo com a fase de desenvolvimento em que o atleta se encontra (Brukner, 2012; Wik, 2022).

Por outro lado, existem ainda autores que não identificam uma associação estatisticamente significativa entre a ocorrência do PVA e o tipo de lesão, defendendo que a variabilidade interindividual e fatores extrínsecos, como a carga de treino e a exposição competitiva, podem desempenhar um papel mais determinante do que a maturação biológica (Malina, 2010; Swain et al., 2018).

Importa ainda salientar que não é apenas o momento em que ocorre o PVA que

se revela relevante, mas também a sua velocidade de progressão. Monasterio et al. (2021) demonstraram que atletas situados no quartil superior de velocidade de crescimento apresentaram entre 2.6 a 3.3 vezes mais lesões que os restantes, e até 4.1 vezes maiores no caso de lesões associadas ao crescimento, quando comparados com jogadores de crescimento mais lento.

Outro aspeto relevante é a gravidade das lesões. A literatura é menos divergente neste ponto e indica que durante ou imediatamente após o PVA as lesões tendem a ser mais graves, provavelmente por incidirem em tecidos transitoriamente mais vulneráveis nesta fase (i.e., placas de crescimento, apófises, junçõesmiotendíneas e tecidos moles). Como consequência, são frequentes tempos de recuperação mais prolongados e um risco acrescido de reincidência, em consonância com o padrão de tecidos afetados nesta fase de maturação biológica (Caine et al., 2006).

Face ao exposto, a complexidade da relação entre maturação biológica e ocorrência de lesões sublinha a necessidade de investigação adicional, particularmente através de estudos longitudinais, com medidas padronizadas de maturação biológica e caracterização de lesões. Esta abordagem poderá clarificar janelas de maior vulnerabilidade, elucidar mecanismos subjacentes e promover estratégias de prevenção específicas para jovens atletas.

3. OBJETIVOS DO ESTUDO

Este estudo procura contribuir para a clarificação da influência da maturação biológica na ocorrência de lesões desportivas e mitigar limitações frequentes na literatura prévia. Em particular, propõe ultrapassar: amostras de pequena dimensão, dependência de dados autorreportados, registos de lesões realizados por elementos não especializados (fora do departamento médico), inconsistências na classificação do tipo e da localização das lesões e v) a inclusão não controlada de lesões específicas de determinadas fases do desenvolvimento.

Esta dissertação tem como principal objetivo identificar potenciais períodos críticos de vulnerabilidade e tipologias de lesão mais prevalentes, bem como a sua associação com a gravidade das lesões, o que nos leva aos seguintes objetivos específicos:

- a) Caracterizar as lesões quanto ao tipo, gravidade e localização em jovens praticantes de futebol;
- b) Examinar a associação entre maturação biológica e incidência, tipo e gravidade de lesões.

4. HIPÓTESES DO ESTUDO

Observando os objetivos específicos da dissertação colocam-se as seguintes hipóteses:

- a) Espera-se uma distribuição diferenciada dos tipos, localizações e graus de gravidade das lesões em jovens atletas de futebol;

É expectável que as lesões mais frequentes sejam lesões musculares localizadas essencialmente na coxa e entorses do tornozelo e joelho (Jones et al., 2019; Pffirmann et al., 2016; Stevens et al., 2016), mas também sejam destacadas lesões relacionadas com o crescimento como apofisites do joelho (Osgood-Schlatter) e do calcânhar (Sever) (Caine et al., 2022; Malina et al., 2021; Radnor et al., 2018). Espera-se ainda que a maioria das lesões sejam moderadas em relação à gravidade, com períodos de afastamento entre 4 e 7 dias de paragem (Jones et al., 2019). Prevê-se ainda encontrar um maior número de lesões de sobreuso antes e durante o PVA e traumáticas após o PVA, tendo em conta que antes e durante o PVA as zonas de crescimento estarão mais vulneráveis (Brukner, 2012; Wik, 2022).

- b) Atletas em fases próximas ao PVA apresentam maior incidência de lesões do que os que estão antes ou após esse período.

Espera-se observar uma maior incidência de lesões durante o PVA, pela maior consistência na literatura deste período e justificações associadas. Os desequilíbrios temporários entre crescimento ósseo e adaptação muscular, a diminuição da coordenação motora e maior exposição a cargas repetitivas, em estruturas ainda em desenvolvimento e a sofrer mudanças rápidas na sua constituição tornam-se mais suscetíveis a lesões (Materne et al., 2021; Johnson et al., 2020; Rinaldo et al., 2021). As alterações rápidas no comprimento dos membros durante o crescimento reduzem temporariamente o controlo motor e a estabilidade, aumentando a susceptibilidade a lesões. Estudos longitudinais evidenciam que apofisites, tendinopatias e lesões musculares atingem a sua incidência máxima

durante o PVA, reforçando a plausibilidade desta hipótese (Johnson et al., 2020; Materne et al., 2021; Rinaldo et al., 2021).

5. METODOLOGIA

5.1.Desenho do estudo

5.2.Procedimentos de Recolha de Dados

A amostra deste estudo foi constituída por 273 jovens atletas de futebol, com idades compreendidas entre 10 e 16 anos, pertencentes aos escalões de formação U11 a U16, de um clube desportivo da região norte de Portugal. Trata-se de uma instituição de grande dimensão, que integra mais de 500 atletas no futebol de formação, mas que se destaca também pela sua oferta multidisciplinar, com mais de 10 modalidades desportivas, bem como pela existência de uma escola de futebol, revelando uma estrutura sólida, diversificada e orientada para o desenvolvimento integral.

Os dados antropométricos foram recolhidos anualmente pelos nutricionistas responsáveis de cada escalão, estes dados foram recolhidos de acordo com os procedimentos padrão e monitorização estabelecidos pelo clube.

Os registos de lesões foram documentados pelo médico do clube ao longo das épocas desportivas e posteriormente analisados segundo Fuller et al., (2006) e Hägglund et al., (2005).

5.3.Dados Antropométricos

As avaliações antropométricas incluíram a medição da massa corporal e da estatura, realizadas de acordo com as recomendações da *International Society for the Advancement of Kinanthropometry*.

A massa corporal foi determinada através de uma balança digital previamente calibrada, garantindo a fiabilidade dos valores obtidos. A estatura foi avaliada com recurso a um estadiómetro portátil (intervalo de 20–205 cm; precisão de 1 mm), com o atleta posicionado em ortostatismo, pés juntos e calcanhares encostados à parede vertical do equipamento, assegurando o contacto das escápulas e da região occipital. A cabeça foi orientada no plano frontal, garantindo consistência no alinhamento

postural durante a medição.

Para assegurar a padronização dos procedimentos e minimizar variáveis externas, todas as medições foram efetuadas antes do início do treino, com os atletas descalços e trajando apenas o equipamento oficial do clube.

Cada parâmetro foi registado pelo nutricionista responsável do escalão

5.4.Registo de Lesões

Foram registadas todas as queixas físicas sofridas e resultantes de um jogo ou treino de futebol, independentemente do tratamento médico ou do impedimento às atividades desportivas. Todas as lesões foram diagnosticadas e registadas na base de dados do clube, pelo médico responsável dos escalões de formação, reduzindo assim o risco de viés na interpretação das respetivas lesões. Todos os eventos foram diagnosticados tendo por base o exame físico e, quando necessário, foram efetuados exames complementares de imagem como: raio-x, ultrassonografia, ressonância magnética ou tomografia computadorizada.

5.5.Classificação das Lesões

As lesões foram classificadas com base nos estudos de Fuller et al., (2006) e Hägglund et al., (2005), com os seguintes parâmetros registados: data da lesão, a data de retorno, a localização (parte do corpo afetada), o local onde o atleta se lesionou (treino, jogo, torneio ou ginásio) o segmento corporal, o tipo de lesão, a causa de lesão e o próprio diagnóstico. Além disso, não foram descartadas todas as lesões relacionadas ao crescimento, como *Osgood Schlatter*, *Sinding-larsen-johansson*, doença de *Sever*, doença de *Iselin* e apofisites que são lesões comumente observadas em atletas ainda em fase de desenvolvimento esquelético

A localização foi mencionada de acordo com Fuller et al., (2006). O segmento corporal foi dividido em direito ou esquerdo. O tipo de lesão, registado como

traumática, refere-se a uma lesão resultante de um evento específico e identificável, ou uma lesão por sobreuso, causada por microtraumas repetidos sem um único evento identificável. A gravidade foi classificada de acordo com o tempo em que o atleta foi excluído da integração na equipa, calculado através do número de dias entre a data da lesão e o retorno, categorizada da seguinte forma: Ligeira – sem tempo fora das atividades ou até 3 dias; Moderada – entre 4 a 7 dias fora das atividades; Grave – entre 8 a 28 dias fora das atividades; Muito Grave – superiores a 28 dias fora das atividades.

5.6.Maturação Biológica

O cálculo da estimativa da maturação biológica dos participantes foi efetuado por meio do “*offset* maturacional” (do inglês, “*maturity offset*”), o qual representa o tempo em anos antes ou depois da ocorrência do pico velocidade altura (PVA). Para isso, foi utilizada a equação modificada proposta por Moore et al., (2015), validada em amostras longitudinais independentes de jovens do sexo masculino. Esta equação requer apenas idade cronológica (em anos decimais) e altura (em centímetro).

A fórmula utilizada foi:

$$\text{Maturity Offset} = -7,999994 + (0,0036124 \times (\text{Estatura} \times \text{Idade}))$$

O resultado da equação indica a distância (em anos) do atleta em relação ao seu PVA. Os valores negativos indicam que o PVA ainda não ocorreu, os valores próximos de zero indicam que o atleta está no momento do PVA; e os valores positivos indicam que o PVA já ocorreu. Para os propósitos deste estudo classificamos os sujeitos em três grupos: (0) – Pré-PVA (<-1 ano do PVA), (1) – durante o PVA (entre -1 e 1 ano do PVA); (2) Pós-PVA (> 1 ano do PVA), de acordo com a sugestão de estudos anteriores.

5.7.Análise Estatística

A caracterização da amostra foi descrita por média e desvio-padrão (M±DP). A distribuição e frequência das lesões foram apresentadas em valores absolutos e

percentagens. Para acomodar a estrutura hierárquica dos dados (medidas repetidas de lesões de atletas) a análise da associação entre lesões (incidência, tipo e gravidade) foi realizada utilizando modelos mistos. Para estudar a associação entre maturação biológica e incidência de lesões, utilizou-se a regressão de *Poisson* com efeitos mistos. Os resultados foram expressos em razões de taxas de incidência (RTI) com intervalos de confiança de 95% (IC95%). Para avaliar a associação entre maturação biológica e o tipo de lesão (traumática vs. sobreuso), aplicou-se um modelo de regressão logística mista, calculando-se as probabilidades marginais preditas a partir dos modelos. A associação entre maturação biológica e a gravidade da lesão (leve, moderada, grave, muito grave) foi avaliada por regressão logística ordinal mista. Os resultados foram apresentados em *odds ratios* (razão de chance) com IC95% e probabilidades ajustadas para cada categoria de gravidade. Todas as análises foram realizadas no software Stata versão 18, adotando-se um nível de significância de 5%.

6. RESULTADOS

6.1. Caracterização da amostra

A organização do clube assenta numa lógica de funcionamento complexa e integrada, refletida na existência de diferentes departamentos especializados, cuja articulação confere qualidade e consistência às intervenções realizadas. Inclui o departamento técnico, departamento de performance, departamento pedagógico, com a inclusão da psicologia, o departamento médico, que inclui médicos com distintas especialidades, fisioterapeutas, enfermeiros, massagistas e nutricionistas.

Este modelo organizacional de elevada complexidade e especialização traduz-se num verdadeiro ecossistema multidisciplinar, no qual diferentes áreas de conhecimento convergem para potenciar o desenvolvimento físico, técnico, psicológico e social dos atletas. Para além disso, importa salientar que o clube, enquanto instituição de grande dimensão e projeção, funciona como uma organização em constante evolução, procurando adaptar e aperfeiçoar continuamente as suas práticas. Este compromisso com a inovação e com a melhoria contínua traduz-se na capacidade de intervir de forma cada vez mais eficaz nos diferentes domínios que afetam o percurso formativo e competitivo dos jovens atletas.

Tabela 1: Valores descritivos da amostra relativamente à idade, altura, peso corporal e offset

M±DP	Idade	Altura	Peso	Offset
U11- U16	13,42 ± 1,53	1,66 ± 0,13	54,55 ± 12,22	0,40 ± 1,42
U11	10 ± 0	1,42 ± 0,07	33,51 ± 4,47	-2,57 ± 0,27
U12	11 ± 0	1,49 ± 0,08	38,31 ± 6,51	-1,79 ± 0,40
U13	12 ± 0	1,57 ± 0,09	44,52 ± 8,21	-0,89 ± 0,51
U14	13 ± 0	1,65 ± 0,09	52,78 ± 9,27	0,09 ± 0,53

U15	14 ± 0	1,71 ± 0,08	58,69 ± 7,44	0,94 ± 0,48
U16	15 ± 0	1,74 ± 0,07	63,89 ± 7,00	1,72 ± 0,47
U17	16 ± 0	1,79 ± 0,06	69,10 ± 6,91	2,63 ± 0,42

U11: atletas com 10 anos; U12: atletas com 11 anos; U13: atletas com 12 anos; U14: atletas com 13 anos; U15: atletas com 14 anos; U16: atletas com 15 anos; U17: atletas com 16 anos.

A Tabela 1 apresenta a caracterização da amostra relativamente à idade, altura, peso e *offset*, distribuída pelos escalões de Sub-11 (U11) a Sub-17 (U17). Os dados globais revelam uma idade de 13.42 ± 1.53 anos, altura de 1.66 ± 0.13 m, peso de 54.55 ± 12 kg e *offset* de 0.40 ± 1.42 anos.

Verifica-se uma evolução consistente dos parâmetros antropométricos ao longo dos escalões. A altura aumentou progressivamente dos 1.42 ± 0.07 m no escalão U11 para 1.79 ± 0.06 m no U17, acompanhada por um crescimento paralelo do peso corporal, que varia entre 33.51 ± 4.47 kg no U11 e 69.10 ± 6.91 kg no U17.

No que respeita ao *offset*, observa-se uma transição dos atletas mais jovens (U11 e U12) que apresentaram *offsets* negativos -2.57 ± 0.27 e -1.79 ± 0.40 respetivamente, situando-se no grupo Pré-PVA, enquanto os atletas dos escalões U13, U14 e U15 estavam próximos do PVA (-0.89 ± 0.51 ; 0.09 ± 0.53 e 0.94 ± 0.48 , respetivamente). Já os escalões de U16 e U17 apresentaram *offsets* positivos, sendo classificados como Pós-PVA (1.72 ± 0.47 e 2.63 ± 0.42 , respetivamente).

6.2.Caraterização das lesões

Foi registado um total de 414 lesões em 176 atletas (63.7%) de um total de 273 atletas dos U11 aos U17, durante 3 épocas desportivas. A Figura 1 mostra em detalhe as contagens de lesões. Observa-se que 36.0% dos atletas não sofreram lesões, 24.7% apresentaram uma lesão, 17.8% apresentaram 2 lesões e 9.1% apresentaram 3 lesões, sendo que 12.5% dos atletas apresentaram 4 ou mais lesões. O maior número

de lesões registadas num único atleta foi de 8 durante o período de registo.

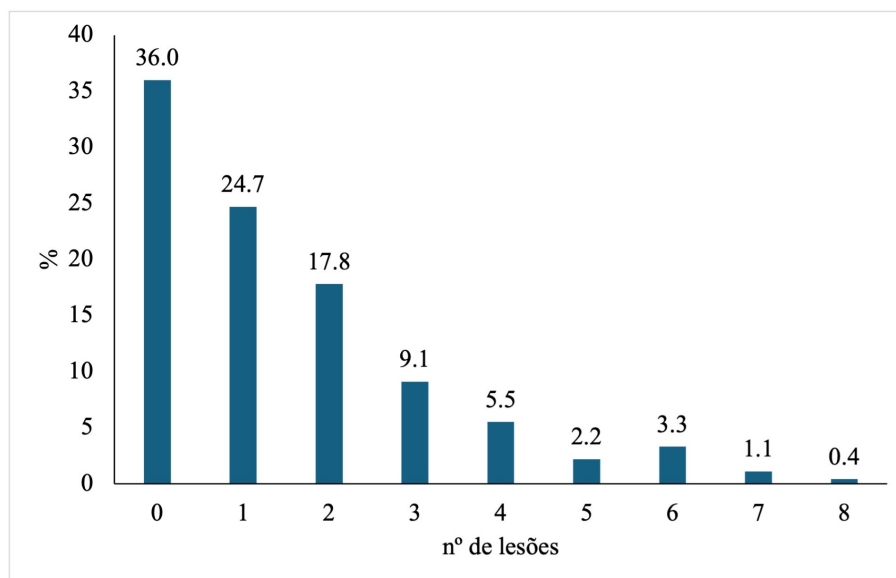


Figura 1. Distribuição do número de lesões por atleta (% de atletas) registada ao longo de três épocas desportivas.

A Tabela 2, apresenta em detalhe as características das lesões. Das lesões registadas durante este período, 55.8% (231) foram traumáticas e 44.2% (183) de sobreuso. As lesões mais frequentes foram “Mialgia/Miosite” 30.9% (n=128), seguidas de “Entorses” 16.7% (n=69). Já as menos frequentes foram “Lesões/Ruturas do menisco/cartilagem”, com apenas 1 lesão (0.2%). As lesões tipicamente associadas ao crescimento tiveram uma percentagem de 4.1% (n=17).

No que diz respeito à gravidade, a maioria das lesões foram “Graves” 41.8% (n=309), as lesões “Muito Graves” foram as menos frequentes 16.7% (n=69). Dentro das Lesões “Muito Graves” um destaque para as mais frequentes “Fraturas” 15.9% (n=11) e “Lesão Ligamentar/Estiramento/Rotura” 15.9% (n=11).

Tabela 2: Diagnóstico, tipo de lesão e Gravidade de todas as lesões durante 3 épocas desportivas.

Tipo de Lesão, n			Gravidade, n			
			Leve (0-3d)	Moderada (3-7d)	Grave (8-28d)	Muito Grave (>28d)
Diagnóstico	n(%)	Traumática	n(%)	n(%)	n(%)	n(%)
Abrásão/Laceração/Queimadura	2(0.5)	2	1(1.2%)	1(1.1%)	0(0%)	0(0%)
Avulsão	8(1.9%)	8	0(0%)	0(0%)	1(0.6%)	7(10.1%)
Contusão/Hematoma	7(1.7%)	7	2(2.4%)	1(1.1%)	3(1.7%)	1(1.4%)
Entorse	69(16.7%)	69	10(11.9%)	17(19.3%)	37(21.4%)	5(7.2%)
Fratura	14(3.4%)	14	0(0%)	1(1.1%)	2(1.2%)	11(15.9%)
Lesão de Crescimento	17(4.1%)	4	6(7.1%)	3(3.4%)	5(2.9%)	3(4.3%)
Lesão Ligamentar/Estiramento / Rotura	16(3.9%)	16	2(2.4%)	1(1.1%)	2(1.2%)	11(15.9%)
Lesão Menisco/ Cartilagem/ Rotura	1(0.2%)	1	0(0%)	0(0%)	0(0%)	1(1.4%)
Mialgia/ Miosite	128(30.9%)	36	31(36.9%)	32(36.4%)	56(32.4%)	9(13.0%)
Pubálgia/ Síndrome Pubalgico	22(5.3%)	22	2(2.4%)	3(3.4%)	14(8.1%)	3(4.3%)
Tendinopatia	25(6.0%)	4	5(6.0%)	6(6.8%)	13(7.5%)	1(1.4%)
Rotura/Micro Muscular/ Rotura Miotendinosa	10(2.4%)	10	0(0%)	0(0%)	3(1.7%)	7(10.1%)
Traumatismo	45(10.9%)	45	16(19.0%)	15(17.0%)	13(7.5%)	1(1.4%)
Outras Lesões Osseas	2(0.5%)		1(1.2%)	1(1.1%)	0(0%)	0(0%)
Outras Lesões Articulares	11(2.7%)	4	2(2.4%)	1(1.1%)	4(2.3%)	4(5.8%)
Outras Lesões	37(8.9%)	11	6(7.1%)	6(6.8%)	20(11.6%)	5(7.2%)
Total	414(100%)	231 (55.80%)	183 (44.2%)	84(20.3%)	88(21.3%)	69(16.7%)

d. Dias

6.3.Associação entre maturação biológica e lesões

6.3.1.Incidência de lesões e maturação biológica

A regressão de *Poisson* com efeitos mistos mostrou uma associação significativa entre a maturação biológica e a incidência de lesões (Wald $\chi^2(2)=22.91$; $p<0.001$). Na Tabela 3 é possível observar que os atletas durante o PVA apresentaram uma RTI 42% superior em comparação com os seus pares que se encontravam antes do PVA (RTI=1.42; IC95%: 1.07–1.89; $p=0.015$). Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos antes e após o PVA (RTI=0.78; IC95%: 0.56–1.11; $p>0.05$). As médias marginais preditas do número de lesões em função dos grupos de maturação biológica são apresentadas na Figura 2.

Tabela 3. Razão de taxas de incidência (RTI) e intervalos de confiança de 95% (95%IC) para a associação entre maturação biológica e incidência de lesões em jovens futebolistas.

Parâmetros	RTI±EP	95%IC	
		Inferior	Superior
Intercepto	0.781±0.104	0.602	1.013
Maturação Biológica			
Durante o PVA	1.424±0.207*	1.070	1.894
Pós-PVA	0.784±0.138 ^{ns}	0.556	1.107

RTI=Razão de taxa de incidência; EP=erro padrão; 95%CI = intervalos de confiança de 95%

* $p<0.05$; ^{ns}=não significativo

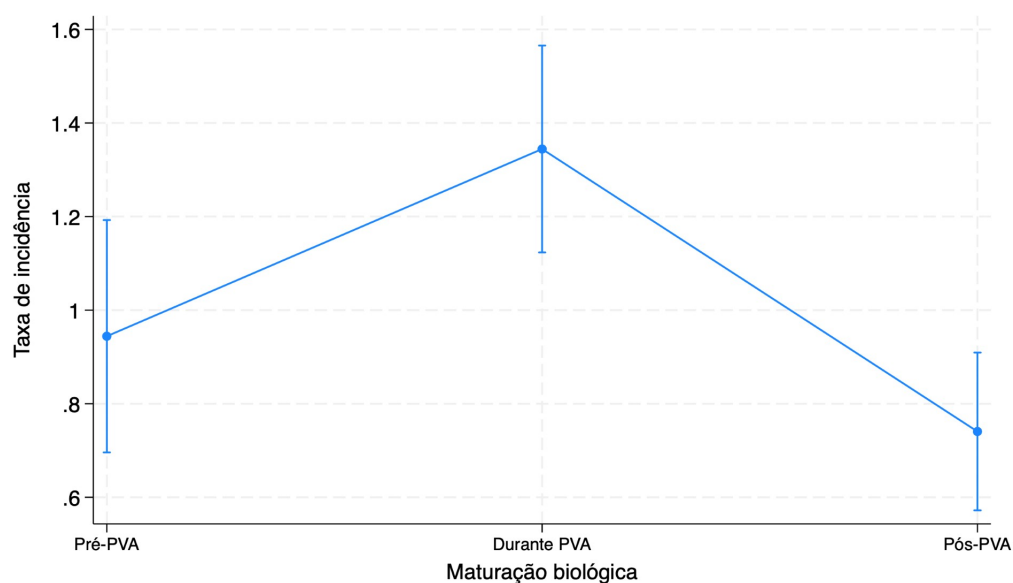


Figura 2. Médias marginais preditas do número de lesões em função da maturação biológica (antes, durante e após o PVA).

6.3.2. Tipo de lesão e maturação biológica

Na Tabela 4 e Figura 3 são apresentadas as probabilidades preditas do tipo de lesão em função da maturação biológica. Os resultados mostraram que, antes do PVA, a maioria das lesões era do tipo traumático (65.9%; IC95%: 55.6–76.2), com menor proporção de lesões por sobreuso (34.1%; IC95%: 23.8–44.4). No entanto, durante o PVA, observou-se uma distribuição equilibrada do tipo de lesões, com 50.6% (IC95%: 43.5–57.7) de lesões do tipo traumáticas e 49.4% (IC95%: 42.3–56.5) de lesões do tipo sobreuso. Pós-PVA, voltou a predominar o padrão de lesões traumáticas (58.6%; IC95%: 48.1–69.2), em relação às de sobreuso (41.4%; IC95%: 30.8–51.9).

Tabela 4. Probabilidades preditas de ocorrência de lesão traumática e por sobreuso em função da maturação biológica.

Maturação	Traumática % (IC95%)	Sobreuso % (IC95%)
Antes do PVA	65.9 (55.6 – 76.2)	34.1 (23.8 – 44.4)
Durante o PVA	50.6 (43.5 – 57.7)	49.4 (42.3 – 56.5)
Após o PVA	58.6 (48.1 – 69.2)	41.4 (30.8 – 51.9)

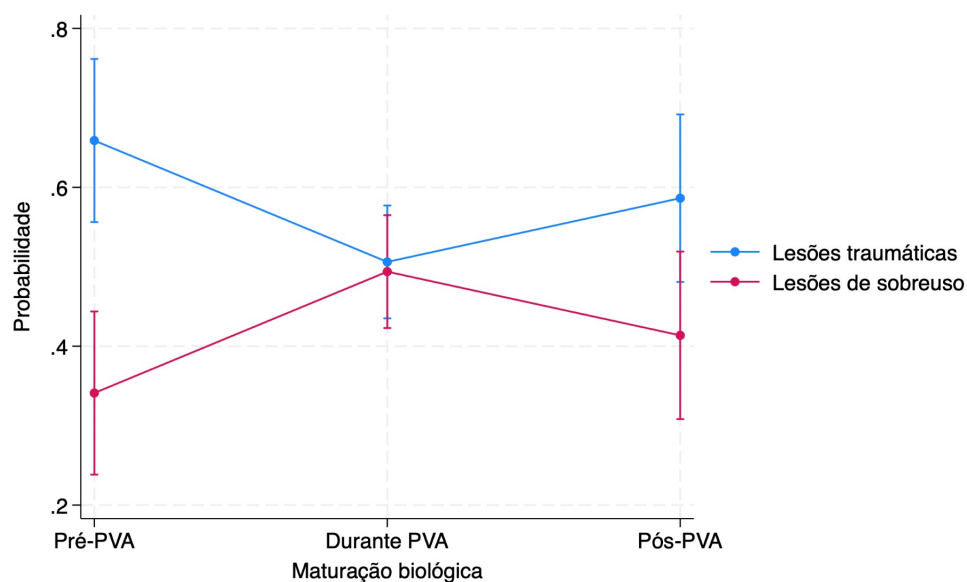


Figura 3. Probabilidades preditas de ocorrência de lesões traumáticas e de sobreuso em função do estágio de maturação biológica (pré-PVA, durante PVA e pós-PVA).

6.3.3. Gravidade da lesão e maturação biológica

A regressão logística ordinal mista mostrou associação significativa entre maturação biológica e gravidade das lesões (Wald $\chi^2(2)=9.77$; $p=0.008$). Atletas durante o PVA (0.57 ; $p=0.022$) apresentaram 1.77 vezes mais chance de sofrer lesões de maior gravidade em comparação com os que estavam no período pré-PVA (OR=1.77; IC95%: 1.08–2.88; $p=0.022$). No grupo de atletas que se encontram no período pós-PVA, o risco é ainda mais elevado (OR=2.51; IC95%: 1.40–4.50; $p=0.002$). As probabilidades ajustadas confirmaram este padrão (tabela 5 e figura 4). A título de exemplo, antes do PVA predominaram as lesões leves ou moderadas ($\approx 54\%$), enquanto no período Pós-PVA houve maior proporção de lesões graves (45.3%) e muito graves (22.2%).

Tabela 5. Probabilidades ajustadas de gravidade da lesão em função do offset

Gravidade da lesão	Pré-PVA (IC95%)	Durante o PVA % (IC95%)	Pós-PVA % (IC95%)
Leve	29,2 (20,8 – 37,7)	19,2 (14,6 – 23,9)	14,5 (9,1 – 19,9)
Moderada	24,6 (19,8 – 29,3)	21,1 (16,9 – 25,2)	18,1 (13,3 – 22,8)
Grave	35,8 (29,0 – 42,5)	42,8 (37,7 – 47,9)	45,3 (39,9 – 50,7)
Muito grave	10,4 (6,1 – 14,7)	16,9 (12,4 – 21,3)	22,2 (15,0 – 29,4)

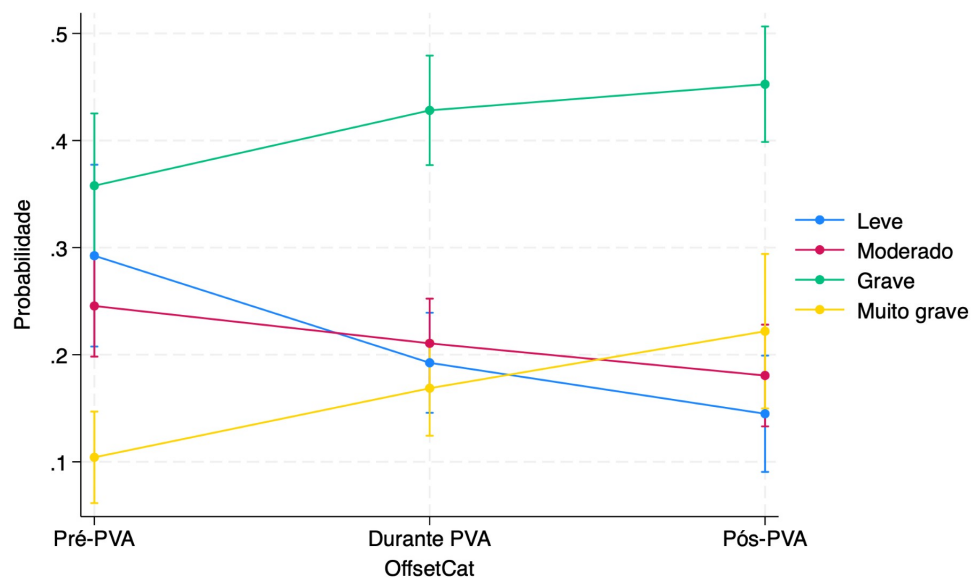


Figura 4. Probabilidades ajustadas de gravidade das lesões (leve, moderada, grave e muito grave) em função do estágio de maturação (pré-, durante e pós-PVA).

7. DISCUSSÃO

O presente estudo evidencia que as lesões em jovens atletas praticantes de futebol apresentam padrões específicos em função da maturação biológica. Foram incluídos 273 atletas durante 3 épocas desportivas dos escalões de sub-11 (U11) a sub-17 (U17); destes, 63.7% apresentaram pelo menos uma lesão. As lesões decorrentes de um evento súbito e identificável (traumáticas) constituíram o tipo mais frequente, destacando-se as mialgias/miosites e as entorses como diagnósticos predominantes. A análise da associação entre lesões e maturação biológica demonstrou que o risco de lesão aumenta significativamente durante o PVA. Neste período observou-se uma distribuição relativamente equilibrada entre lesões traumáticas e de sobreuso, contrastando com a predominância de lesões traumáticas nos períodos antes e depois do PVA. Para além disso, verificou-se que a gravidade das lesões se associa de forma clara à maturação biológica, sendo superior durante o PVA comparativamente com o período pré-PVA e ainda mais acentuada na fase subsequente. Estes resultados indicam que a maturação biológica influencia não apenas a incidência, mas também o tipo e a gravidade das lesões.

7.1.Caracterização das Lesões

Em consonância com os resultados obtidos neste estudo, a literatura tem igualmente demonstrado que as lesões musculares e as entorses apresentam elevada prevalência em idades jovens e podem originar interrupções prolongadas da prática desportiva (Jones et al., 2019; Pfirrmann et al., 2016; Robles-Palazón et al., 2022; Stevens et al., 2016). De forma convergente, os nossos dados revelaram que as mialgias/miosites e as entorses constituíram a maioria das ocorrências registadas. A predisposição para este tipo de lesão pode ser explicada por uma interação de fatores intrínsecos e extrínsecos. O futebol, enquanto modalidade de elevada exigência física, impõe à musculatura e às articulações dos membros inferiores níveis substanciais de stress mecânico (Leppänen et al., 2019; Ritzer et al., 2021). Além das elevadas exigências biomecânicas e fisiológicas inerentes ao futebol juvenil, os processos de

crescimento e desenvolvimento incluindo alterações estruturais decorrentes da maturação biológica e o desenvolvimento muscular incompatível, para lidar com as exigências físicas da modalidade, amplificam este risco de lesão muscular (Le Gall et al., 2007; Light et al, 2021; Mandorino et al., 2023; Wrigley et al., 2012). O desequilíbrio entre cargas internas e externas pode conduzir a uma sobrecarga permanente e, conseqüentemente, aumentar o risco de lesões por sobreuso (Pfirrmann et al., 2016). Durante a adolescência, observam-se alterações transitórias de coordenação motora, frequentemente descritas como “*adolescent awkwardness*”, associadas a maior instabilidade articular e a maior probabilidade de entorses (Wachholz et al., 2020). Por exemplo, no estudo de Wachholz et al., (2020), as diferenças nas estratégias de controle postural entre adolescentes e adultos foram sobretudo explicadas pela fase de desenvolvimento, mais do que pela informação visual.

Neste período, as estratégias de controle motor sofrem adaptações e o rápido crescimento de tendões e ligamentos pode predispor jovens futebolistas a um risco acrescido de lesão (Mandori et al., 2023).

7.2.Incidência de lesões e maturação biológica

O principal objetivo desta investigação foi perceber a influência da maturação biológica, considerando o PVA, na incidência de lesões. Neste estudo verificou-se que a incidência de lesões é significativamente superior durante o PVA, confirmando este período como uma fase mais vulnerável nesta amostra. Contrariamente, Van der Sluis et al. (2014) observaram que os 6 meses antes e depois do PVA eram os períodos de maior incidência e carga de lesões. Também Bult et al., (2018) identificaram que os 6 meses após o PVA eram o período de maior risco, enquanto Hall et al., (2022) reportaram a proporção de prevalência de lesões mais alta em atletas após o PVA. Por outro lado, em consonância com o presente estudo, Johnson et al., (2020) mostraram um risco de lesão significativamente superior durante o PVA em comparação com o grupo pré-PVA, com um aumento de 115% na incidência de lesões. Do mesmo modo, também Rinaldo et al., 2021) verificaram uma tendência crescente da taxa de lesões com a aproximação do

PVA, aumentando o risco de lesões em mais de duas vezes durante este período.

Estas evidências, em conjunto com a caracterização das lesões discutidas no ponto 7.1. desta dissertação, em que as lesões mais frequentes foram musculares e entorses, são consistentes com a literatura que indica maior vulnerabilidade de músculos, tendões e ligamentos após o PVA (Wik, 2022). A capacidade de gerar força tende a diminuir neste período, o que aumenta o risco de lesões musculares e ligamentares (Baxter-Jones, 1995; Van der Sluis et al., 2014). Em modalidades de alta intensidade como o futebol, que envolvem mudanças rápidas de direção, acelerações e desacelerações, o tecido muscular revela particular suscetibilidade, originando lesões que frequentemente persistem desde a formação até ao nível sénior (Dolci et al., 2020; Ekstrand et al., 2016). O desenvolvimento muscular ainda incompleto perante cargas mecânicas repetidas pode, adicionalmente, explicar a maior incidência de lesões neste período de maturação (Light et al., 2021). Em complemento, Hall et al. (2022) sugerem que as lesões de tecidos moles podem estar associadas a períodos de recuperação insuficientes, decorrentes de exigências competitivas e de treino elevadas no futebol.

7.3. Tipo de lesões e maturação biológica

No presente estudo, verificou-se que durante o PVA a distribuição de lesões entre traumáticas e de sobreuso foi equilibrada, enquanto nas fases pré e pós-PVA prevaleceram, as lesões de natureza traumática. Contrariamente ao observado neste estudo, Van der Sluis et al. (2014) reportaram que o PVA se associa a uma maior vulnerabilidade a lesões traumáticas, enquanto fases posteriores parecem caracterizar-se por uma maior incidência de lesões de sobreuso.

Em oposição ao nosso estudo, a literatura anterior demonstra que os atletas em fases iniciais de desenvolvimento demonstram maior vulnerabilidade para lesões de sobrecarga, alterações osteocondrais como a síndrome de *Osgood-Schlatter* ou doença de Sever e fraturas de stress (Caine et al., 2022; Le Gall et al., 2007; Malina, 2010; Materne et al., 2021; Monasterio et al., 2021; Mandorino et al., 2023; Towlson et al., 2021; Wik, 2022). De forma geral, a literatura tende a convergir quanto à associação

entre a tipologia das lesões e o estágio de maturação biológica (Mandorino et al., 2023).

Contudo, neste estudo, essa tendência não foi observada, o que sugere que outros fatores contextuais poderão ter influenciado os resultados. É importante considerar que a distribuição e a incidência não dependem apenas de fatores biológicos, como a maturação e o crescimento, mas também de fatores contextuais e organizacionais. Estudos realizados em diferentes países ou clubes diferentes apresentam valores díspares, o que sugere que parâmetros como o calendário competitivo, o controlo de cargas e o currículo desportivo podem exercer influências significativas. O calendário mais concentrado, com jogos e treinos intensivos semanalmente, pode favorecer uma maior incidência de lesões e não permitir uma recuperação adequada (Faude et al., 2013; Le Gall et al., 2007). O controlo de cargas semanal é outro fator crucial e por isso a ausência de estratégias estruturadas de monitorização destas pode explicar a maior variabilidade nestes resultados (Johnson et al., 2020; Rommers et al., 2020). Em alguns contextos desportivos, existe maior ênfase no desenvolvimento técnico- tático, enquanto noutros existe maior foco na preparação física (Malina, 2010; Materne et al., 2021).

Além disso, esta discrepância de valores entre este estudo e os anteriores pode refletir também diferenças metodológicas, incluindo critérios de definição de lesão, formas de recolha de dados (autorrelato vs. registos médicos) e amostras de diferentes tamanhos. Esta heterogeneidade reforça a necessidade de interpretar com cautela estes resultados e de os contextualizar dentro do seu cenário específico.

7.4.Gravidade da lesão e maturação biológica

Neste estudo, observou-se que quanto maior o valor do *offset* maturacional, maior a gravidade das lesões. De forma consistente, Johnson et al. (2020) reportaram uma carga de lesões 225% superior após o PVA, tal como Monasterio et al. (2021) e Bult et al. (2018), que documentaram um aumento da carga geral de lesões na fase de maturação avançada. Materne et al. (2021) referem ainda que jogadores com maturação avançada tendem a apresentar lesões mais graves quando comparados com jogadores de

maturação tardia. Além disso, Le Gall et al. (2007) observaram maior número de lesões graves em jogadores de maturação normal e tardia face aos de maturação avançada, destacando a complexidade da relação entre maturação biológica e risco de lesão.

Uma possível explicação para o maior risco após o PVA reside nos aumentos de massa muscular, que podem elevar as forças de reação do solo e as cargas aplicadas às estruturas de tecidos moles (Read et al., 2018), bem como em alterações nas junçõesmiotendíneas, nas interfaces osso-tendão e nos ligamentos (Van der Sluis et al., 2014). Estas estruturas são relativamente mais frágeis e recuperam de modo mais lento, em parte pela menor vascularização, podendo evoluir para inflamação crónica quando o descanso e a recuperação são insuficientes (Hall et al., 2022). Em paralelo, o aumento da carga, combinado com o desenvolvimento ainda incompleto da massa muscular, pode predispor a lesões musculares, que frequentemente exigem interrupção temporária da prática desportiva até reabilitação completa. Por fim, importa realçar que muitas lesões nestas fases iniciais do desenvolvimento, nem sempre implicam paragem total (Caine et al., 2022; Hernandez-Lucas et al., 2024; Neuhaus et al., 2021).

8. LIMITAÇÕES DO ESTUDO

A interpretação dos nossos resultados deve considerar algumas das limitações inerentes. Em primeiro lugar, a amostra analisada corresponde exclusivamente a jovens futebolistas do sexo masculino de um clube, um contexto competitivo específico, o que pode limitar a generalização dos resultados para atletas de outros contextos, níveis competitivos, modalidades, realidades culturais e para o futebol feminino. Além disso, a maturação biológica foi estimada através do cálculo do *offset* para o pico velocidade altura, um método indireto que, embora amplamente utilizado, está sujeito a erros de classificação quando comparado com métodos mais diretos, como a avaliação radiográfica da idade óssea. Contudo, este método permitiu a avaliação não invasiva de todos os atletas.

Em segundo lugar, outra limitação prende-se com o registo das lesões, que dependeu de relatórios clínicos e diagnósticos em contexto competitivo. Embora este procedimento seja sistemático, pode ter conduzido a um subregisto de lesões de menor gravidade ou de sobreuso que não implicaram afastamento da prática. Além disso, a gravidade das lesões foi classificada apenas com base no tempo de ausência, não contemplando indicadores adicionais como impacto funcional ou implicações na qualidade de vida.

Por fim, importa ainda salientar que não foram controladas de forma detalhada variáveis potencialmente relevantes, como a posição em campo, o histórico individual de lesões, a carga semanal de treino, a adesão a programas preventivos ou outras atividades desportivas, fatores que podem ter influenciado a incidência de lesões observadas.

9. CONCLUSÃO

As lesões mais frequentes demonstradas neste estudo foram mialgias/miosites e entorses, enquanto as mais graves incluíram fraturas e lesões ligamentares. A incidência de lesão aumenta significativamente durante o PVA, período em que se verificou uma distribuição relativamente equilibrada entre lesões traumáticas e de sobreuso, contrastando com a predominância de lesões traumáticas nos períodos pré e pós-PVA. Estes dados sugerem que o PVA representa uma fase crítica, durante a qual os atletas apresentam maior vulnerabilidade a diferentes tipos de lesões.

Adicionalmente, os resultados demonstram que a gravidade das lesões se associa de forma clara à sua fase maturacional, sendo mais elevada durante o PVA e ainda mais acentuada nas fase subsequente. Assim, a maturação biológica não influencia apenas a incidência das lesões, mas também o seu tipo e a gravidade. Este padrão reforça a importância de uma monitorização contínua, adaptada e individualizada durante estes períodos de desenvolvimento dos atletas.

10. IMPLICAÇÕES PRÁTICAS

Do ponto de vista prático, os resultados do presente estudo salientam a relevância de uma monitorização sistemática da maturação biológica em jovens atletas, com o objetivo de identificar períodos de maior vulnerabilidade para desenvolver lesões. Esta monitorização possibilita a individualização das cargas de treino, ajustando o volume e a intensidade em função do estágio maturacional de cada jogador, reduzindo assim o risco de sobrecarga e, consequentemente, de lesões. Nesse contexto, a implementação de programas de exercícios específicos e adaptados a cada atleta pode contribuir para mitigar os desequilíbrios temporários associados ao rápido crescimento.

Para além disso, equipas multidisciplinares podem recorrer a esta informação para estruturar protocolos de avaliação contínua, permitindo um acompanhamento mais próximo dos atletas durante as fases críticas do desenvolvimento. A adoção de estratégias preventivas individualizadas não apenas pode diminuir a incidência e gravidade das lesões, mas também favorecer o desenvolvimento desportivo, com efeitos positivos a nível técnico e funcional. A monitorização regular da maturação surge, portanto, como um instrumento essencial para traçar o perfil maturacional de cada jogador, identificar potenciais lesões com maior impacto e orientar planos direcionados. É igualmente fundamental sensibilizar todos os intervenientes, sobre os efeitos da maturação no risco de lesão. Estratégias de gestão da carga, adaptadas ao estágio de maturação, podem ser eficazes na prevenção de lesões relacionadas com o crescimento. É importante as instituições começarem a considerar, a focalização individual e tomar decisões consoante o seu estadio maturacional e não apenas com base na sua idade biológica. Por exemplo, implementar diferentes programas de intervenção com foco na prevenção de lesões com estratégias diferenciadas em função do estágio maturacional (Monasterio et al., 2023).

No entanto, é importante salientar que as lesões são multifatoriais, sendo necessário considerar, para além da maturação, outros fatores de risco, como carga de treino, fatores neuromusculares e biomecânicos, intervenções de fisioterapia,

histórico de lesões, aspetos psicossociais (Bittencourt et al., 2016; Mandorino et al., 2023; Materne et al., 2021).

11. SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Estudos futuros devem explorar de forma mais detalhada a incidência, tipo e gravidade de lesões em diferentes fases do desenvolvimento e da maturação biológica, através de projetos longitudinais mais extensos. Será importante incluir atletas de diferentes clubes, modalidades desportivas e do sexo feminino, permitindo avaliar a generalização dos resultados obtidos e identificar possíveis diferenças entre contextos e populações distintas. Seria também relevante realizar investigações com métodos de avaliação mais precisos, como exames de imagem (e.g. radiografias) ou acompanhamentos mais extensos ao longo dos anos, de forma a determinar com maior rigor o momento exato do PVA.

Além disso, a avaliação de um maior número de fatores intrínsecos e extrínsecos que possam influenciar o risco, tipo e gravidade das lesões, com especial ênfase no histórico de lesões, carga de treino, posição em campo e experiência na modalidade, permitiria compreender de forma mais detalhada os mecanismos subjacentes à vulnerabilidade dos atletas. Além disso, a inclusão de dados multidisciplinares, incluindo características fisiológicas, biomecânicas e psicológicas, poderá fornecer também uma visão mais completa dos fatores de risco com potencial de contribuir para o desenvolvimento de estratégias de prevenção mais eficazes e individualizadas.

12. BIBLIOGRAFIA

Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match- play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, 24(7), 665–674.

Baxter-Jones, A. D. (1995). Growth and development of young athletes. Should competition levels be age-related? *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 20(2), 59–64.

Bittencourt, N. F. N., Meeuwisse, W. H., Mendonça, L. D., Nettel-Aguirre, A., Ocarino, J. M., & Fonseca, S. T. (2016). 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*, 50(21), 1309–1314.

Bonjour, J. P., & Chevalley, T. (2014). Pubertal timing, bone acquisition, and risk of fracture throughout life. *Endocrine reviews*, 35(5), 820–847.

Bruckner, P. (2012). *Bruckner & Khan's clinical sports medicine*. North Ryde: McGraw- Hill.

Bult, H. J., Barendrecht, M., & Tak, I. J. R. (2018). Injury Risk and Injury Burden Are Related to Age Group and Peak Height Velocity Among Talented Male Youth Soccer Players. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 6(12).

Caine, D., Caine, C., & Maffulli, N. (2006). Incidence and distribution of pediatric sport-related injuries. *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 16(6), 500–513.

Caine, D., Meyers, R., Nguyen, J., Schöffl, V., & Maffulli, N. (2022). Primary

periphyseal stress injuries in young athletes: a systematic review. *Sports Medicine*, 52(4), 741-772.

Castagna, C., & Castellini, E. (2013). Match demands of professional Futsal: A case study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(3), 290–294.

Clemente, F. M., Ramirez-Campillo, R., & Sarmiento, H. (2021). Effects of high-intensity interval training in youth soccer players: A systematic review. *Strength and Conditioning Journal*, 43(2), 76–89.

Dolci, F., Hart, N. H., Kilding, A. E., Chivers, P., Piggott, B., & Spiteri, T. (2020). Physical and energetic demand of soccer: a brief review. *Strength & Conditioning Journal*, 42(3), 70-77.

Dut, R., Akgül, S., Dönmez, G., Ulkar, B., Kanbur, N., & Derman, O. (2023). Adolescent male soccer players have higher growth rates and risk of injury is associated with biological maturity. *The Turkish journal of pediatrics*, 65(6), 990–1001.

Ekstrand, J., Waldén, M., & Hägglund, M. (2016). Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since 2001: a 13-year longitudinal analysis of the UEFA Elite Club injury study. *British journal of sports medicine*, 50(12), 731–737.

Facioni, F. J. (2012). Futebol: contribuição na saúde de adolescentes. *RBFF - Revista Brasileira De Futsal E Futebol*, 3(10).

Faude, O., Rößler, R., & Junge, A. (2013). Football injuries in children and adolescent players: Are there clues for prevention? *Sports Medicine*, 43(9), 819–837.

Fuller, C. W., Ekstrand, J., Junge, A., Andersen, T. E., Bahr, R., Dvorak, J., Hägglund, M., McCrory, P., & Meeuwisse, W. H. (2006). Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *British journal of sports medicine*, 40(3), 193–201.

Hägglund, M., Waldén, M., Bahr, R., & Ekstrand, J. (2005). Methods for epidemiological study of injuries to professional football players: developing the UEFA model. *British journal of sports medicine*, 39(6), 340–346.

Hall, E. C. R., Larruskain, J., Gil, S. M., Lekue, J. A., Baumert, P., Rienzi, E., Moreno, S., Tannure, M., Murtagh, C. F., Ade, J. D., Squires, P., Orme, P., Anderson, L., Whitworth-Turner, C. M., Morton, J. P., Drust, B., Williams, A. G., & Erskine, R. M. (2022). Injury risk is greater in physically mature versus biologically younger male soccer players from academies in different countries. *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 55, 111–118.

Hernandez-Lucas, P., Leirós-Rodríguez, R., García-Liñeira, J., & Diez-Buil, H. (2024). Conservative Treatment of Sever's Disease: A Systematic Review. *Journal of clinical medicine*, 13(5), 1391.

Herrero, H., Salinero, J. J., & Del Coso, J. (2014). Injuries among Spanish male amateur soccer players: a retrospective population study. *The American journal of sports medicine*, 42(1), 78–85.

IPDJ: Instituto Português do Desporto e Juventude, I.P. (2024). Estatísticas do Desporto: Contribuir para o conhecimento do sistema desportivo. Disponível em: <https://ipdj.gov.pt/estat%C3%ADsticas>

Johnson, D. M., Cumming, S. P., Bradley, B., & Williams, S. (2022). The influence of exposure, growth and maturation on injury risk in male academy football players. *Journal of sports sciences*, 40(10), 1127–1136.

Johnson, D. M., Williams, C. A., Cumming, S. P., & Bradley, B. (2019). Growth, maturation and football: A systematic review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 29(11), 1686– 1699.

Johnson, D. M., Williams, S., Bradley, B., Sayer, S., Murray Fisher, J., & Cumming, S. (2020). Growing pains: Maturity associated variation in injury risk in academy football. *European journal of sport science*, 20(4), 544-552.

Jones, S., Almousa, S., Gibb, A., Allamby, N., Mullen, R., Andersen, T. E., & Williams, M. (2019). Injury Incidence, Prevalence and Severity in High-Level Male Youth Football: A Systematic Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 49(12), 1879–1899.

Kusuma, I. D. M. A. W., Kusnanik, N. W., Pramono, B. A., Pranoto, A., Phanpheng, Y., Nurpratiwi, R., ... & Nurhayati, F. (2024). Physiological Response to Speed Endurance Soccer Training in Amateur Players. *Physical Education Theory and Methodology*, 24(5), 704-710.

Le Gall, F., Carling, C., & Reilly, T. (2007). Biological maturity and injury in elite youth football. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 17(5), 564–572.

Leppänen, M., Pasanen, K., Clarsen, B., Kannus, P., Bahr, R., Parkkari, J., Haapasalo, H., & Vasankari, T. (2019). Overuse injuries are prevalent in children's competitive football: a prospective study using the OSTRC Overuse Injury Questionnaire.

British journal of sports medicine, 53(3), 165–171

Light, N., Johnson, A., Williams, S., Smith, N., Hale, B., & Thorborg, K. (2021). Injuries in youth football and the relationship to player maturation: An analysis of time-loss injuries during four seasons in an English elite male football academy. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 31(6), 1324–1334.

Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2012). The youth physical development model: A new approach to long- term athletic development. *Strength and Conditioning Journal*, 34(3), 61–72.

Maffulli, N., Longo, U. G., Kadakia, A., & Spiezia, F. (2020). Achilles tendinopathy. *Foot and ankle surgery : official journal of the European Society of Foot and Ankle Surgeons*, 26(3), 240–249. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2019.03.009>

Malina R. M. (2010). Maturity status and injury risk in youth soccer players. *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 20(2), 132.

Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., Coelho e Silva, M. J., & Figueiredo, A. J. (2015). Biological maturation of youth athletes: Assessment and implications. *British Journal of Sports Medicine*, 49(13), 852–859.

Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., Coelho e Silva, M. J., & Figueiredo, A. J. (2015). Biological maturation of youth athletes: assessment and implications. *British journal of sports medicine*, 49(13), 852–859.

Mandorino, M., Figueiredo, A. J., Cima, G., & Tessitore, A. (2021). Predictive Analytic Techniques to Identify Hidden Relationships between Training Load, Fatigue and Muscle Strains in Young Soccer Players. *Sports (Basel, Switzerland)*, 10(1), 3.

Mandorino, M., Figueiredo, A. J., Gjaka, M., & Tessitore, A. (2023). Injury incidence and risk factors in youth soccer players: a systematic literature review. Part I: epidemiological analysis. *Biology of sport*, 40(1), 3–25.

Materne, O., Chamari, K., Farooq, A., Weir, A., Hölmich, P., Bahr, R., & McNaughton, L. R. (2021). Association of Skeletal Maturity and Injury Risk in Elite Youth Soccer Players: A 4-Season Prospective Study With Survival Analysis. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 9(3).

Materne, O., Chamari, K., Farooq, A., Weir, A., Hölmich, P., Bahr, R., & Wik, E. H. (2021). Injury incidence and burden in a youth elite football academy: A four-season prospective study of 551 players aged 6–18 years. *British Journal of Sports Medicine*, 55(9), 493–500.

Monasterio, X., Gil, S. M., Bidaurrezaga-Letona, I., Lekue, J. A., Santisteban, J. M., Diaz-Beitia, G., Lee, D. J., Zumeta-Olaskoaga, L., Martin-Garetxana, I., Bikandi, E., & Larruskain, J. (2023). The burden of injuries according to maturity status and timing: A two-decade study with 110 growth curves in an elite football academy. *European journal of sport science*, 23(2), 267–277.

Monasterio, X., Gil, S. M., Bidaurrezaga-Letona, I., Lekue, J. A., Santisteban, J., Diaz-Beitia, G., ... & Larruskain, J. (2021). Injuries according to the percentage of adult height in an elite soccer academy. *Journal of science and medicine in sport*, 24(3), 218-223.

Moran, R. W., Schneiders, A. G., Mason, J., & Sullivan, S. J. (2017). Do Functional Movement Screen (FMS) composite scores predict subsequent injury? A systematic review with meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 51(23), 1661–1669.

Neuhaus, C., Appenzeller-Herzog, C., & Faude, O. (2021). A systematic review on conservative treatment options for OSGOOD-Schlatter disease. *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 49, 178–187.

Oliveira, F. R., & Silva, L. J. (2020). A influência do futebol na composição corporal e habilidades motoras de crianças e adolescentes: uma revisão sistematizada. *Cadernos Uninter de Intersaberes*, 15(42), 83–101.

Parry, G. N., Williams, S., McKay, C. D., Johnson, D. J., Bergeron, M. F., & Cumming, S. P. (2024). Associations between growth, maturation and injury in youth athletes engaged in elite pathways: a scoping review. *British journal of sports medicine*, 58(17), 1001–1010.

Pfrrmann, D., Herbst, M., Ingelfinger, P., Simon, P., & Tug, S. (2016). Analysis of Injury Incidences in Male Professional Adult and Elite Youth Soccer Players: A Systematic Review. *Journal of athletic training*, 51(5), 410–424.

Radnor, J. M., Oliver, J. L., Waugh, C. M., Moore, I. S., Myer, G. D., & Lloyd, R. S. (2018). The Influence of Growth and Maturation on Stretch-Shortening Cycle Function in Youth. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(1), 57–71.

Radnor, J. M., Oliver, J. L., Waugh, C. M., Myer, G. D., & Lloyd, R. S. (2022). Muscle Architecture and Maturation Influence Sprint and Jump Ability in Young Boys: A Multistudy Approach. *Journal of strength and conditioning research*, 36(10), 2741–2751.

Read, P. J., Oliver, J. L., De Ste Croix, M. B. A., Myer, G. D., & Lloyd, R. S. (2016). Neuromuscular risk factors for knee and ankle ligament injuries in male youth

soccer players. *Sports Medicine*, 46(8), 1059–1066.

Read, P. J., Oliver, J. L., De Ste Croix, M. B. A., Myer, G. D., & Lloyd, R. S. (2018). An audit of injuries in six english professional soccer academies. *Journal of sports sciences*, 36(13), 1542– 1548.

Rinaldo, N., Gualdi-Russo, E., & Zaccagni, L. (2021). Influence of size and maturity on injury in young elite soccer players. *International journal of environmental research and public health*, 18(6), 3120.

Ritzer, E. E., Yang, J., Kistamgari, S., Collins, C. L., & Smith, G. A. (2021). An epidemiologic comparison of acute and overuse injuries in high school sports. *Injury epidemiology*, 8(1), 51.

Robles-Palazón, F. J., López-Valenciano, A., De Ste Croix, M., Oliver, J. L., García-Gómez, A., Sainz de Baranda, P., & Ayala, F. (2022). Epidemiology of injuries in male and female youth football players: A systematic review and meta-analysis. *Journal of sport and health science*, 11(6), 681– 695.

Rogol, A. D., Clark, P. A., & Roemmich, J. N. (2000). Growth and pubertal development in children and adolescents: Effects of diet and physical activity. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72(2), 521S–528S.

Rommers, N., Rössler, R., Goossens, L., et al. (2020). Risco de lesões agudas e por uso excessivo em jogadores de futebol de elite juvenil: tamanho corporal e crescimento são importantes. *J Sci Med Sport*, 23, 246–251.

Sarmiento, H., Manuel Clemente, F., Marques, A., Milanovic, Z., David Harper, L., & Figueiredo, A. (2020). Recreational football is medicine against non-communicable diseases: A systematic review. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 30(4), 618– 637.

Stevens, M., Reijman, M., & van der Linden, D. (2016). Injuries in Youth Football: A Systematic Review of the Literature. *British Journal of Sports Medicine*, 50(9), 551- 557.

Swain, M., Kamper, S. J., Maher, C. G., Broderick, C., McKay, D., & Henschke, N. (2018). Relationship between growth, maturation and musculoskeletal conditions in adolescents: a systematic review. *British journal of sports medicine*, 52(19), 1246–1252.

Towlson, C., Salter, J., Ade, J. D., Enright, K., Harper, L. D., Page, R. M., & Malone, J. J. (2021). Maturity-associated considerations for training load, injury risk, and physical performance in youth soccer: One size does not fit all. *Journal of sport and health science*, 10(4), 403–412.

Towlson, C., Salter, J., Ade, J. D., Enright, K., Harper, L. D., Page, R. M., & Malone, J. J. (2021). Maturity-associated considerations for training load, injury risk, and physical performance in youth soccer: One size does not fit all. *Journal of sport and health science*, 10(4), 403–412.

Van Der Sluis, A., Elferink-Gemser, M. T., Coelho-e-Silva, M. J., Nijboer, J. A., Brink, M. S., &

Visscher, C. (2014). Sport injuries aligned to peak height velocity in talented pubertal soccer players. *International journal of sports medicine*, 35(04), 351-355.

Wachholz, F., Tiribello, F., Mohr, M., van Andel, S., & Federolf, P. (2020). Adolescent Awkwardness: Alterations in Temporal Control Characteristics of Posture with Maturation and the Relation to Movement Exploration. *Brain sciences*, 10(4),

216.

Wik E. H. (2022). Growth, maturation and injuries in high-level youth football (soccer): A mini review. *Frontiers in sports and active living*.

Wrigley, R., Drust, B., Stratton, G., Scott, M., & Gregson, W. (2012). Quantification of the typical weekly in-season training load in elite junior soccer players. *Journal of sports sciences*, 30(15), 1573– 1580.