

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO
HUMANO

Dieisson Machado Vasques

ANÁLISE DE REDES NO POLO AQUÁTICO: ANTROPOMETRIA, POSIÇÃO
TÁTICA E PARÂMETROS DE DESEMPENHO

Porto Alegre

2021

Dieisson Machado Vasques

ANÁLISE DE REDES NO POLO AQUÁTICO: ANTROPOMETRIA, POSIÇÃO
TÁTICA E PARÂMETROS DE DESEMPENHO

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Orientação: Prof. Flávio Antônio de Souza Castro (UFRGS); coorientação: Prof. Guilherme Tucher (UFRJ).

Porto Alegre

2021

AGRADECIMENTOS

Meu eterno agradecimento aos meus pais por investir em mim desde sempre, sem o amor e a educação que recebi jamais chegaria até aqui. Agradeço a minha esposa pela parceria, compreensão, por acreditar no meu potencial, respeitar e apoiar minhas escolhas, e por me presentear com o que acredito ser o mais belo presente, nosso filho Joaquim que em breve nascerá para preencher nossas vidas com amor e alegria. Agradeço ao Prof. José Werner pela confiança e aprendizado constante, considero uma referência importante no polo aquático brasileiro, sempre profissional, atencioso e disposto a ajudar. Agradeço ao meu coorientador Prof. Dr. Guilherme Tucher pelas orientações, com certeza contribuiu muito para minha escrita. Agradeço aos integrantes do Grupo de Pesquisa em Esportes Aquáticos pela convivência rica em troca de experiências e aprendizado, devo destacar o colega Prof. Diego Paixão, pela parceria na jornada durante o mestrado acadêmico. Por fim, agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Flávio Castro pela parceria, pelos ensinamentos como Pesquisador e Professor, por me guiar da melhor maneira mesmo neste tempo de incertezas e instabilidade em função de uma pandemia pesada para todos nós. Meu muito obrigado! Sozinho não é possível chegar a lugar algum!

APRESENTAÇÃO

Esta dissertação foi organizada em quatro capítulos. O primeiro capítulo contém a introdução geral e os objetivos do estudo. O segundo capítulo contém a revisão da literatura. Esta foi dividida em quatro partes: (i) polo aquático em geral e suas principais características; (ii) antropometria do jogador de polo aquático; (iii) os parâmetros de desempenho no polo aquático e os métodos de avaliação, e (iv), a proposta de análise de redes. O terceiro capítulo contém o artigo original da dissertação (introdução e objetivos, métodos, resultados e discussão). Por último, o quarto capítulo destaca as considerações finais da dissertação. O projeto que deu origem a esta dissertação foi previamente analisado e aprovado por Comitê de Ética em Pesquisa (CAAE: 22954713.4.0000.5347).

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E UNIDADES

AGIL – agilidade

CC – *closeness centrality*

cm – centímetros

EI – *expected influence centrality*

ENV - envergadura

EST - estatura

EXP - experiência

G1 - grupo dos jogadores menos experientes

G2 - grupo dos jogadores mais experientes

IMPV - impulsão vertical

kg - quilogramas

m - metros

MAS - massa corporal

min - minutos

$m \cdot s^{-1}$ - metros por segundo

PAq - polo aquático

POS – posição

SC – *strength centrality*

TDFA - teste funcional de desempenho em agilidade

s - segundos

VEL - velocidade do arremesso

WP – *water polo*

RESUMO

O polo aquático (PAq) pode ser considerado um esporte de alta complexidade por ser praticado em espaço sem estabilidade ambiental e por requerer repertório motor amplo, além das técnicas clássicas de nado, relacionados à manipulação da bola, sustentações, saltos e deslocamentos na vertical. Os jogadores de PAq exercem funções que demandam ocupar posições táticas centrais e periféricas em relação ao gol, além do goleiro. As características antropométricas parecem influenciar em ações específicas e na definição da ocupação das posições táticas na equipe. Além disso, a experiência parece ser importante para o domínio no meio aquático e para os fundamentos técnico-táticos da modalidade. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi estudar parâmetros de desempenho no PAq por meio da análise de redes, considerando as possíveis complexas relações entre antropometria, posição tática do jogador e experiência na modalidade. Participaram do estudo 49 jogadores de polo aquático do sexo masculino divididos em dois grupos pelo percentil 50 da experiência (anos) em treinamentos e campeonatos de PAq. Os jogadores eram de quatro times diferentes. O grupo 1 (menos experientes, G1) foi composto por 24 jogadores (três jogadores de centro e 21 de perímetro). Já o grupo 2 (mais experientes, G2) foi composto por 25 jogadores (seis jogadores de centro e 19 de perímetro). Foram mensuradas massa, estatura e envergadura e aplicados testes para agilidade (AGIL), impulsão vertical (IMPV) e velocidade do arremesso (VEL). Média, desvio-padrão e limite dos intervalos de confiança das médias foram calculadas para as variáveis escalares. Frequências absolutas e relativas foram calculadas para as variáveis categóricas. Tamanho de efeito da experiência sobre as variáveis escalares foram verificados com d de Cohen. Para avaliar as associações entre parâmetros de desempenho, antropometria e posição tática, técnica de *Machine Learning* chamada de Análises de Rede foi utilizada empregando três medidas de centralidade: *closeness centrality* (CC), *strength centrality* (SC) e *expected influence* (EI). Dentre os resultados, destacam-se: os tamanhos de efeito da experiência foram moderados para massa corporal e para IMPV. Para G1, posição tática e IMPV apresentaram os maiores valores de CC (respectivamente 1,23 e 1,75) e SC (respectivamente 1,14 e 0,77). Já envergadura e experiência apresentaram os maiores valores de EI, respectivamente, 1,70 e 1,32. Para G2, envergadura e massa apresentaram os maiores valores de CC, respectivamente, 1,57 e 0,91. Envergadura e experiência apresentaram os maiores valores de SC, respectivamente, 2,16 e 0,69. Estatura e envergadura apresentaram os maiores valores de EI, respectivamente, 1,05 e 0,91. Antropometria e experiência influenciam no desempenho do jogador de PAq para a execução de ações específicas e na adaptação da posição tática na equipe.

Palavras-chave: avaliação, esporte aquático, desempenho

ABSTRACT

Water polo (WP) can be considered an overly complex sport because it is practiced in a space without environmental stability and because it requires a broad motor repertoire, in addition to the classic swimming techniques, related to ball handling, supports, jumps and vertical displacements. WP players perform functions that require occupying tactical central and peripheral positions in relation to the goal, in addition to the goalkeeper. Anthropometric characteristics seem to influence specific actions and the definition of the occupation of tactical positions in the team. In addition, experience seems to be important for mastering the aquatic environment and for the technical-tactical foundations of the sport. Thus, the aim of this study was to study performance parameters in the WP through network analysis, considering the possible complex relationships between anthropometry, player tactical position and experience in the sport. The study included 49 male water polo players divided into two groups by the 50th percentile of experience (years) in WP training and championships. The players were from four different teams. Group 1 (less experienced, G1) consisted of 24 players (three center players and 21 perimeter players). Group 2 (more experienced, G2) was composed of 25 players (six center players and 19 perimeter players). Body mass, height and arm span were measured, and tests were applied for agility (AGIL), vertical impulse (IMPV) and throw speed (VEL). Mean, standard deviation and limit of mean confidence intervals were calculated for scalar variables. Absolute and relative frequencies were calculated for categorical variables. Effect size of experience on scalar variables were verified with Cohen's *d*). To assess the associations among performance parameters, anthropometry and tactical position, a Machine Learning technique called Network Analysis was used using three measures of centrality: closeness centrality (CC), strength centrality (SC) and expected influence (IE). Highlights: The WP experience effect sizes were moderate for body mass and IMPV. For G1, tactical position and IMPV presented the highest values of CC (respectively 1.23 and 1.75) and SC (respectively 1.14 and 0.77). On the other hand, arm span and experience had the highest EI values, respectively, 1.70 and 1.32. For G2, arm span and body mass presented the highest CC values, respectively, 1.57 and 0.91. Arm span and experience had the highest SC values, respectively, 2.16 and 0.69. Height and arm span showed the highest EI values, respectively, 1.05 and 0.91. Anthropometry and experience influence the performance of the WP player to perform specific actions and adapt the tactical position in the team.

Key-words: assessment, water sport, performance

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Teste Funcional de Desempenho da Agilidade (TFDA) (TUCHER et al, 2014).	20
Figura 2 - Teste para mensurar a velocidade do arremesso, posicionamento do jogador (A) e posicionamento do radar (B) (CASTRO, 2014).	21
Figura 3 - Teste de impulsão vertical (PLATONOU, 2005).....	23
Figura 4 – Rede formada no G1 (jogadores menos experientes): EXP (experiência), IDA (idade), EST (estatura), ENV (envergadura), MAS (massa corporal total), POS (posição tática), IMPV (impulsão vertical), AGIL (agilidade) e VEL (velocidade da bola). Linhas azuladas indicam relações positivas, linhas avermelhadas indicam relações negativas. A espessura de cada linha indica a força da relação; n = 24.	35
Figura 5 - Rede formada no G2 (jogadores mais experientes): EXP (experiência), IDA (idade), EST (estatura), ENV (envergadura), MAS (massa corporal total), POS (posição tática), IMPV (impulsão vertical), AGIL (agilidade) e VEL (velocidade da bola). Linhas azuladas indicam relações positivas, linhas avermelhadas indicam relações negativas. A espessura de cada linha indica a força da relação; n = 25.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Frequências absoluta / relativa das posições de preferência de jogo dos participantes, em cada grupo (G1: menos experiente; G2 mais experiente).....	31
Tabela 2 – Médias, desvios-padrão, limites dos intervalos de confiança das médias, d de Cohen e respectiva categoria de efeito dos grupos de experiências para tempo de experiência, idade, características antropométricas e parâmetros de desempenho; (G1: menos experiente; G2 mais experiente).....	34
Tabela 3 – Medidas de centralidade para G1 (menos experiente; n = 24) e G2 (mais experiente; n = 25).	36

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	4
LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E UNIDADES	5
RESUMO.....	6
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	9
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	11
CAPÍTULO II – REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1 O Polo Aquático	14
2.2 Antropometria do jogador de PAq.....	16
2.3 Parâmetros de desempenho e avaliação no Polo Aquático.....	18
2.4 Análise de redes	24
CAPÍTULO III: ANÁLISE DE REDES NO POLO AQUÁTICO: ANTROPOMETRIA, POSIÇÃO TÁTICA E PARÂMETROS DE DESEMPENHO.....	27
Introdução	29
Métodos	30
Resultados	34
Discussão	36
Referências.....	40
CAPÍTULO IV: CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS GERAIS	44
ANEXO 01.....	49

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O Polo aquático (PAq) pode ser considerado um esporte de invasão e coletivo. Esportes de invasão são caracterizados por uma disputa entre duas equipes em um campo comum. O principal objetivo é invadir o setor defendido pelo adversário, procurar atingir a meta contrária para pontuar e proteger, simultaneamente, a sua própria meta. O jogo coletivo em que há interação com o adversário aumenta a diversidade e imprevisibilidade das ações executadas pela equipe. Além disso, pela razão de ser praticado na água, o ambiente deverá apresentar incertezas aos praticantes, ou seja, deverá exigir permanente adaptação motora (LAMAS *et al.*, 2014).

PAq é um esporte que requer domínio de habilidades específicas e vastas. Deste modo, para além das técnicas de nado clássicas, ou seja, os quatro estilos esportivos, torna-se fundamental a aquisição de um repertório motor alargado que contemple as mudanças de direção e sentido de nado, as mudanças de ritmo, os arranques e travagens, os saltos e rotações, a pernada em *eggbeater*¹ e a manipulação da bola (CANOSSA *et al.*, 2005; CANOSSA *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2016). No plano tático, a exigência é elevada de tal forma que, para um jogador atingir nível de elite, são necessários, pelo menos, 15 anos de experiência competitiva (CANOSSA *et al.*, 2009).

De modo geral, os jogadores em um time se dividem naqueles que ocupam posições táticas centrais (armador e centro) e naqueles que têm suas funções periféricas (alas e pontas), além do goleiro (TAN *et al.*, 2009; MARTINEZ, 2015). Estudos indicam associações entre certas características antropométricas e as posições táticas no PAq: jogadores centrais de ataque e defesa inclinam-se a apresentar valores superiores para estatura e massa corporal total em comparação aos jogadores de perímetro (TAN *et al.*, 2009; IDRIZOVIC *et al.*, 2013; MARTINEZ *et al.*, 2015). Além disso, a antropometria pode apresentar correlação positiva com

¹ O *eggbeater* é uma técnica que permite sustentação e deslocamentos na posição vertical no meio aquático. É um movimento caracterizado por ação cíclica e alternada dos membros inferiores, ou seja, enquanto a perna esquerda move-se no sentido horário, a perna direita move-se no sentido anti-horário, assim, ambos os pés e pernas desenham círculos (SILVA *et al.*, 2016).

parâmetros de desempenho, como por exemplo, a envergadura com a velocidade do arremesso (FERRAGUT *et al.*, 2008; FERRAGUT *et al.*, 2011).

As características antropométricas em conjunto com os parâmetros de desempenho podem ser avaliadas em testes específicos (PLATANOU, 2005; FERRAGUT *et al.*, 2010; TUCHER *et al.*, 2014). A avaliação é importante para o controle do treinamento e das possibilidades de rendimento. Somente avaliando de forma sistemática é possível prever o desempenho, individual e coletivo, o que resultará em informações valiosas para treinadores e atletas (CANOSSA *et al.*, 2009). No PAq, os principais aspectos apresentados pelos atletas, que chamam a atenção dos treinadores, são (FOLLE *et al.*, 2015):

- (i) fatores físicos, que incluem velocidade, agilidade, coordenação, força, impulsão, potência aeróbia, flexibilidade e equilíbrio;
- (ii) fatores psicológicos, que compreendem motivação, disciplina, concentração, controle emocional, capacidade de trabalho e sacrifício, capacidade de aprendizagem, e autoconfiança;
- (iii) características antropométricas, como massa corporal, percentual de gordura, estatura e envergadura;
- (iv) fatores técnicos como recepção, passe, drible, finalização, finta, domínio de marcação; e
- (v) fatores táticos como inteligência, leitura do jogo, tomada de decisão e habilidade perceptiva.

Resultados de testes que avaliam parâmetros de desempenho podem ser analisados de modo descritivo, comparativo e correlacional, por exemplo. De modo específico, segundo Field (2009), considerando que parâmetros de desempenho são variáveis, saber o relacionamento que existe, se existe algum, entre duas ou mais variáveis torna-se importante em diversos tipos de análises. Segundo Winter *et al.* (2015), o propósito fundamental da correlação é determinar se duas variáveis são interdependentes, ou covariáveis, isto é, se variam juntas. No PAq alguns estudos vêm testando as correlações entre variáveis de desempenho, incluindo medidas de agilidade, de velocidade do arremesso e de impulsão vertical (MCCLUSKEY *et al.*, 2010; ALVES *et al.*, 2019; CASTRO *et al.*, 2021).

Porém, as análises de correlações bivariadas parecem não mostrar o melhor retrato das relações entre as diversas variáveis que influenciam o desempenho, e, além de apresentarem resultados contraditórios, nem sempre são significativos. Neste

caso, uma possibilidade alternativa às análises bivariadas, seria a análise de redes, que permite explorar parâmetros de desempenho de forma individual, coletiva e suas interações. Os jogadores e as características avaliadas podem ser vistos como nós de rede conectados por meio de variáveis relevantes para o desempenho, sustentando padrões complexos de interação entre companheiros de equipe, como por exemplo, um jogador em uma rede de passes em ataque com superioridade numérica. Deste modo, torna-se possível obter informações detalhadas de todas as variáveis analisadas, sem excluí-las, por menor que sejam as contribuições de cada uma delas (LUSHER *et al.*, 2010; RIBEIRO *et al.*, 2017).

Considerando (i) as possibilidades mais amplas da análise de redes no esporte, (ii) a necessidade de compreensão das possíveis relações entre diferentes parâmetros que influenciam o desempenho no PAq e (iii) a possível contribuição para treinadores e jogadores de PAq, este estudo, apresenta como objetivo geral, estudar parâmetros de desempenho no PAq por meio da análise de redes, considerando as possíveis complexas relações entre antropometria, posição tática do jogador e experiência na modalidade.

CAPÍTULO II – REVISÃO DA LITERATURA

Para a revisão da literatura, buscou-se inicialmente destacar as características do PAq e as capacidades que se apresentam como fundamentais para o desempenho em alto nível, de acordo com as posições dos jogadores. Em seguida, as características antropométricas de jogadores de PAq são abordadas, bem como os parâmetros de desempenho e suas avaliações. Por fim, apresenta-se a perspectiva de análise e interpretação de dados no esporte por meio de redes.

2.1 O Polo Aquático

O PAq é disputado em piscinas de 30 por 20 m, no masculino, e 25 por 20 m, no feminino, com profundidade de, pelo menos 2 m, visto que é proibido impulsionar-se no fundo. Os times são formados por sete jogadores (incluindo o goleiro), mais seis reservas. As equipes, quando no ataque, tradicionalmente são distribuídas em campo nas seguintes posições: goleiro, armador, alas, pontas e boia ou centro. Para agrupar tais posições táticas, de acordo com funções de deslocamentos, armador e centro são jogadores centrais e alas e pontas são jogadores periféricos, em relação ao gol. As partidas são divididas em quatro tempos, com oito minutos para cada período. Porém, o cronômetro de controle da duração da partida é parado a cada notificação do árbitro. O número de substituições durante os quartos é ilimitado. Ganha quem fizer mais gols. O jogo é de natureza intermitente e exige variedade de movimentos, atividades que envolvem deslocamento e sustentação do corpo, nas posições vertical e horizontal, em ações de ataque e defesa (SMITH, 1998; LOZOVINA *et al.*, 2009).

O jogo de PAq possui característica intermitente, ou seja, demanda capacidade e potência dos metabolismos aeróbico e anaeróbico. Os esforços podem durar mais de 20 s com movimentos intensos e *sprints* de 7 a 14 s. As atividades ou ações são realizadas em sequência, portanto, com maior duração e predomínio de períodos de alta intensidade. É possível afirmar que quando os atletas estão dentro d'água, a intensidade dos esforços supera 80% da capacidade aeróbica máxima (SMITH, 1998). A prática do PAq requer repertório motor amplo, conjunto específico de capacidades coordenativas e condicionantes. Da mesma forma, a compreensão e execução de fundamentos táticos e técnicos, imprescindíveis para o desempenho em alto nível.

A organização tática durante os jogos se assemelha ao handebol e ao basquete, principalmente, pela necessidade de infiltração no espaço defensivo do adversário, e pela distribuição dos jogadores em campo (CANOSSA *et al.*, 2009). O PAq moderno é caracterizado por ações rápidas, contra-ataque ofensivo, recomposição defensiva, arremessos fortes e precisos, e contato físico na busca pelo melhor posicionamento. Portanto, fatores que exigem alto nível de habilidades motoras e fisiológicas dos jogadores. Em relação à estrutura de movimento durante os jogos, 35% do tempo total consiste em deslocamentos com o corpo na horizontal, em diferentes intensidades e 65% do tempo total consiste em posições verticais (em *eggbeater*), tanto para atacar, quanto para defender (LOZOVINA *et al.*, 2009).

Em relação as posições táticas no PAq, existem diferenças nas exigências que determinam características importantes, por exemplo, jogadores de centro possuem atribuições distintas quando comparados aos alas e pontas (TAN *et al.*, 2009). Especificamente, jogadores centrais passam mais tempo em contato com os oponentes, principalmente no que se refere a luta corporal, ou seja, na disputa pelo melhor posicionamento para receber um passe ou arremessar a gol. Jogadores de perímetro realizam seguidos deslocamentos, principalmente em nado crawl e em alta intensidade, tanto para conquistar a melhor posição no ataque, quanto para contribuir na recomposição defensiva (SMITH, 1991; D'AURIA *et al.*, 2008). Portanto, as posições táticas dos jogadores de PAq exigem atribuições distintas durante os jogos.

Dentre as diversas capacidades e parâmetros que influenciam o desempenho de um jogador de polo aquático, a agilidade, a velocidade da bola no arremesso e a altura atingida em salto vertical tem sido intensivamente estudadas (PLATANOU, 2006; TUCHER *et al.*, 2015; BRATUSA *et al.*, 2015; CASTRO *et al.*, 2021). O desempenho em agilidade, importante entre as ações de ataque, defesa, momentos de superioridade e inferioridade numérica, quando os movimentos precisam ser rápidos, ou seja, em pouquíssimo tempo, é necessária à tomada de decisão adequada para uma mudança de direção ou sentido (TUCHER *et al.*, 2014).

O arremesso pode ser tratado como um diferencial no PAq e trata-se de um gesto complexo, o qual depende da combinação entre força e técnica, assim como da sincronização de diferentes segmentos corporais. Para Joris *et al.* (1985) e McCluskey *et al.* (2010), a velocidade da bola no movimento de um arremesso gera efeito decisivo no resultado, ou seja, quanto mais rápido o movimento, mais difícil é a sua

interceptação pelos defensores. Tratando-se de alto nível, quando a ação da defesa tende a ser organizada, a tarefa de criar espaços para a execução do arremesso pode ser árdua, desse modo, esta capacidade necessita de treinamento e merece destaque (TUCHER *et al.*, 2014).

O salto vertical é uma habilidade técnica fundamental no PAq, já que o jogador necessita, em diversos momentos, mover-se ou projetar-se para fora d'água, seja para execução dos passes, bloqueio defensivo, ou arremessar a gol (PLATANOU, 2005). Inclusive, durante a execução da pernada propulsiva para a posição do chute, é possível observar a necessidade de um movimento explosivo executado simultaneamente com ambos os membros inferiores e com alteração no padrão de execução do *eggbeater* de sustentação (SANDERS, 1999). Desse modo, pode-se considerar relevante o aperfeiçoamento da técnica de *eggbeater* com o treinamento objetivando a potência na ação, visto que já foi demonstrada correlação entre altura no salto vertical e velocidade no arremesso (MCCLUSKEY *et al.*, 2010).

2.2 Antropometria do jogador de PAq

Medidas antropométricas podem indicar informações importantes para técnicos no que se refere ao desempenho no PAq (PLATANOU e VARAMENTI, 2011). Ferragut *et al.* (2008) estabeleceram a importância de fatores antropométricos para a velocidade de arremesso em um estudo que contou com 22 jogadores da seleção espanhola. Tais jogadores apresentaram estatura de $187 \pm 6,6$ cm, massa corporal de $89,2 \pm 11,5$ kg, comprimento dos braços de $195 \pm 7,7$ cm e comprimento da mão de $21,2 \pm 1,0$ cm (idade de $24,7 \pm 5,6$ anos e experiência de $12,7 \pm 3,8$ anos). O índice de massa corporal, o perímetro de braço, a largura biacromial e a amplitude do fêmur apresentaram correlações positivas com a velocidade do arremesso. Ou seja, o tamanho corporal deve ser considerado como um fator importante para o desempenho de jogadores de elite no PAq.

No estudo de Tsekouras *et al.* (2005) foi realizada uma seleção de 19 jogadores (idade: $25,5 \pm 5$ anos, altura $184 \pm 4,3$ cm, massa corporal $90,7 \pm 6,4$ kg) pertencentes às quatro equipes mais bem classificadas no Campeonato Mundial de 2003 e constatou-se correlação positiva da composição corporal com o limiar de lactato, com

a capacidade anaeróbia e força isocinética do ombro. Ainda, os músculos dos rotadores internos apresentaram-se mais fortes em comparação aos rotadores externos. No estudo de Tan *et al.* (2009), a amostra foi composta por 26 jogadoras de PAq da Austrália, sendo 12 jogadoras da liga nacional, e 14 jogadoras da seleção nacional. As jogadoras da seleção nacional apresentaram estatura superior ($173 \pm 5,5$ cm vs. $169 \pm 4,4$ cm) e massa corporal superior ($74,6 \pm 8,0$ kg vs. $65,8 \pm 8,4$ kg). Também, importante destacar, que as jogadoras de perímetro apresentaram valores inferiores de massa corporal em comparação às jogadoras de centro ($70,2 \pm 3,8$ kg vs. $82,5 \pm 7,4$ kg).

Segundo Ferragut *et al.* (2011) é possível afirmar que existe relação entre as características antropométricas dos jogadores do PAq com o arremesso. Em pesquisa realizada com 19 jogadores de PAq da seleção espanhola (idade de $24,0 \pm 5,1$ anos, experiência de $12,2 \pm 3,2$ anos, estatura $187 \pm 7,1$ cm, massa $89,8 \pm 12,2$ kg, comprimento de braços $195 \pm 8,3$ cm, comprimento da mão $21,1 \pm 1,1$ cm), sendo 9 jogadores de perímetro e 10 jogadores centrais, constatou-se valores superiores de massa corporal para os jogadores de centro em comparação aos jogadores de perímetro ($102,3 \pm 11,0$ kg vs. $82,0 \pm 7,4$ kg), e correlação positiva da velocidade do arremesso com fatores antropométricos. Portanto, as informações antropométricas podem ser relevantes para técnicos no acompanhamento dos atletas nos treinamentos, inclusive, sendo capaz de influenciar na determinação das posições táticas no jogo (PLATANOU e VARAMENTI, 2011).

Em relação à posição tática de cada atleta, fatores antropométricos podem influenciar no desempenho. Estudo de Martinez (2015) avaliou 46 jogadoras da divisão de honra espanhola, sendo 21 jogadoras de perímetro, 17 jogadoras centrais e 8 goleiras (idade de $22,5 \pm 5,1$ anos, altura de $172 \pm 6,9$ cm, massa corporal de $67,4 \pm 7,5$ kg). Jogadoras de perímetro apresentaram menor altura em comparação às jogadoras centrais e goleiras ($167 \pm 6,0$ cm; $171 \pm 6,2$ cm; $177 \pm 8,5$ cm). Assim, parece que jogadoras mais baixas, com menor comprimento de braços, tendem a obter melhor desempenho jogando nas zonas de perímetro, e, jogadoras mais altas, com maior comprimento de braços, tendem a obter melhor desempenho jogando nas zonas centrais ou no gol.

Em jogadores juniores os parâmetros antropométricos também são investigados. No estudo de Idrizovic *et al.* (2013) foram analisados 54 jovens

jogadores (idade de $16,0 \pm 2,0$ anos, 6 anos de experiência), sendo 13 jogadores (5 jogadores centrais, 8 jogadores de perímetro) integrantes da seleção nacional da Croácia, e 41 jogadores (11 jogadores centrais, 30 jogadores de perímetro) integrantes de equipes nacionais. Os jogadores centrais da seleção nacional não apresentaram diferenças significativas quando comparados aos jogadores das equipes nacionais em relação à estatura ($188 \pm 6,0$ cm; $184 \pm 4,7$ cm). Entretanto, jogadores de perímetro da seleção nacional apresentaram diferenças em relação aos jogadores das equipes nacionais ($182 \pm 6,2$ cm; $187 \pm 6,6$ cm). Pode-se afirmar que a partir das características antropométricas dos jogadores de PAq é possível identificar a posição tática mais adequada.

2.3 Parâmetros de desempenho e avaliação no Polo Aquático

A complexidade, variação e natureza intermitente do PAq tornam a avaliação e interpretação das respostas reais do treinamento e competição tecnicamente difíceis (SMITH, 1998). Algumas capacidades são fundamentais para o desempenho pleno na modalidade, como força, potência, resistência, velocidade, agilidade e flexibilidade. Também no aspecto biomecânico, a técnica adequada dos gestos ou ações, como arremessos, *eggbeater*, palmateios, e os nados *crawl*, costas, peito, adaptados às situações de jogo (CANOSSA *et al.*, 2009). Nas situações de ataque e defesa independentemente da posição, se fazem necessários movimentos com intensidade elevada, ações como bloqueios, disputas de bola, contato direto com o adversário (TAN *et al.*, 2009).

Para avaliar agilidade no PAq, Tucher *et al.* (2014) propuseram o teste funcional de desempenho em agilidade (TFDA), considerando características específicas do PAq. No teste, o avaliado tem como objetivo seguir a trajetória da bola ao longo de três passes no menor tempo possível. Para este teste, é montado um quadrado (flutuante) de 9 m² utilizando canos de PVC dentro da piscina. Os canos formam as arestas de três metros. O avaliado inicia dentro do quadrado próximo a um dos vértices (vértice A) com a mão sobre a bola localizada dentro do arco fixado neste mesmo vértice (bola A). Os outros quatro atletas permanecem posicionados próximos aos vértices, porém, fora do quadrado. O atleta que está posicionado no mesmo

vértice do sujeito testado (vértice A) inicia o teste, passando a bola, e os demais ficam na posição vertical preparados para recepcionar e em seguida realizar o passe.

O cronômetro é acionado quando o avaliado tira a mão da bola A. O jogador que está com a bola ao perceber que o avaliado retirou a mão da bola A e iniciou seu deslocamento em velocidade ao centro do quadrado, realiza o passe para o jogador do vértice oposto. Ao receber a bola, o atleta passa para um dos demais atletas que estarão ao seu lado, sem realizar fintas ou movimentos que visem enganar o sujeito testado. O testado desloca-se o mais breve possível para onde a bola foi passada, em seguida, retira a bola de dentro do arco flutuante (bola B ou D). O atleta que recebe a bola (vértice B ou D) realiza o passe mais uma vez, seguindo a mesma regra (atleta no vértice B só poderá passar para os vértices A ou C, assim como o jogador no vértice D).

O testado novamente segue em direção ao atleta que recepciona a bola, neste momento, retira a outra bola do respectivo arco. Neste momento o cronômetro é pausado. Deve-se destacar que o sujeito testado não sabe para quem os passes serão realizados. Os atletas e o destino dos passes são determinados aleatoriamente para cada uma das repetições. Caso o sujeito testado cometa um erro no teste, ou algum atleta errar o passe ou realizar de maneira incorreta, o procedimento deverá ser repetido após um intervalo de cinco minutos. Cada atleta deverá realizar o teste três vezes, com um intervalo de um minuto, e será considerado o melhor resultado. Para a realização do teste de agilidade se faz necessário a utilização de um cronômetro e uma câmera de vídeo. A Figura 1 exemplifica o Teste Funcional de Desempenho da Agilidade.



Figura 1 - Teste Funcional de Desempenho da Agilidade (TFDA) (TUCHER et al, 2014).

No estudo de Tucher *et al.* (2014) no qual avaliou-se a confiabilidade do TFDA, participaram 15 jogadores de PAq brasileiros, com idade de $16,3 \pm 1,8$ anos, experiência mínima de 2 anos, sendo aplicado o mesmo protocolo por dois técnicos experientes. Constatou-se que os critérios de confiabilidade foram atendidos, portanto, visto que não houve diferenças significativas entre as repetições, e a média do coeficiente de correlação intraclasse (CCI) foi de 0,88. O TFDA possui características específicas do PAq, com certo grau de imprevisibilidade, desse modo, é indicado a familiarização cuidadosa antes da aplicação dos testes.

Tucher *et al.* (2015), com maior número de atletas participantes, com tempo de experiência superior ao estudo anterior, avaliaram a confiabilidade do TFDA novamente. Participaram da pesquisa 42 atletas com idade de $17,8 \pm 3,2$ anos, experiência competitiva de $7,05 \pm 2,8$ anos, atuação em nível nacional e internacional, avaliados por dois treinadores experientes. A média do CCI foi de 0,87, portanto, o TFDA indicou ser eficiente também para atletas de PAq habilidosos.

Em relação ao arremesso, para uma execução eficiente, é necessária precisão e velocidade, ou seja, quanto mais preciso e veloz for o arremesso, menor será o tempo para organização defensiva, como consequência, menor a possibilidade de bloqueio por parte dos defensores e do goleiro (VAN MUJJEN *et al.*, 1991; VAN DER WENDE, 2005). Para controle e avaliação, Ferragut *et al.* (2010) validaram o uso do radar para medir a velocidade da bola após o arremesso. Nesse estudo, os atletas

realizaram cinco arremessos ao gol, a 5 m da baliza, sem goleiro, simulando uma cobrança de pênalti. Intervalo de 1 min entre cada arremesso foi concedido. Aquecimento prévio de 5 min foi realizado, quando os participantes trocaram passes e executaram arremessos. Os arremessos que não atingiram o alvo, quando a bola bateu na trave ou foi para fora, e as tentativas em que a bola quicou na água, não foram contabilizados. Ferragut *et al.* (2010) utilizaram um radar posicionado perpendicularmente atrás do gol. A Figura 2 exemplifica o Teste de Velocidade de Arremesso.



Figura 2 - Teste para mensurar a velocidade do arremesso, posicionamento do jogador (A) e posicionamento do radar (B) (CASTRO, 2014).

No estudo de Ferragut *et al.* (2010) foram avaliados 13 jogadores de PAq de nível nacional da Espanha (idade de $26,1 \pm 4,8$ anos), em três situações distintas, (I) arremesso dos 5 m sem goleiro, (II) arremesso dos 5 m com goleiro, e (III) arremesso dos 5 m com deslocamento prévio. Foram encontrados, respectivamente, valores de $20,53 \pm 1,19 \text{ m.s}^{-1}$, $20,25 \pm 0,92 \text{ m.s}^{-1}$, e $20,34 \pm 0,7 \text{ m.s}^{-1}$. Em outro estudo, Ferragut *et al.* (2011) avaliaram 19 jogadores de PAq da seleção espanhola (idade de $24,0 \pm 5,1$ anos), nas mesmas condições para a execução do arremesso. Os resultados foram de $20,5 \pm 1,13 \text{ m.s}^{-1}$ para arremesso sem goleiro, $20,08 \pm 0,97 \text{ m.s}^{-1}$ para arremesso com goleiro, e $20,30 \pm 0,87 \text{ m.s}^{-1}$ para arremesso com deslocamento prévio.

Abraldes *et al.* (2011) analisaram 2355 arremessos no campeonato mundial feminino e 2488 arremessos no campeonato mundial masculino onde o objetivo principal foi avaliar a velocidade máxima em diferentes zonas do campo: na zona 1, definida entre o gol e a linha dos 2 m, valores encontrados foram de $14,27 \pm 3,86 \text{ m.s}^{-1}$ para masculino e $11,54 \pm 1,96 \text{ m.s}^{-1}$ para feminino. Na zona 2, definida entre a linha dos 2 m e 5 m, os valores encontrados foram de $14,00 \pm 3,07 \text{ m.s}^{-1}$ para masculino e $11,71 \pm 2,98 \text{ m.s}^{-1}$ para feminino. Na zona 3, definida entre a linha dos 5 m até a metade do campo, os valores encontrados foram de $18,49 \pm 2,89 \text{ m.s}^{-1}$ para masculino e $14,34 \pm 2,15 \text{ m.s}^{-1}$ para feminino. Na zona 4, definida como a região mais distante da metade do campo, os valores encontrados foram de $18,58 \pm 3,24 \text{ m.s}^{-1}$ para masculino e $14,65 \pm 1,98 \text{ m.s}^{-1}$ para feminino. Na zona 5, definida pela linha dos 5 m ou pênalti, os valores encontrados foram de $20,29 \pm 1,44 \text{ m.s}^{-1}$ para masculino e $15,91 \pm 1,45 \text{ m.s}^{-1}$ para feminino. Portanto, a velocidade do arremesso no pênalti foi aquela que apresentou valores superiores em comparação a outras zonas do campo.

O desempenho no salto vertical é fundamental para o sucesso em ações específicas no PAq como a execução de passes, arremessos e bloqueios defensivos (PLATANOU, 2005). Para avaliar a altura do salto na água, Platanou (2005) propôs um teste com a utilização de uma câmera para o registro das tentativas, a utilização de uma placa com escala centimétrica anexada com a base presa na borda da piscina perpendicular a superfície e análise dos dados através de software específico. A avaliação consiste no indivíduo executar um movimento propulsivo de pernas em alta intensidade e tentar alcançar o ponto mais alto que conseguir. A Figura 3 exemplifica o teste para avaliar a altura do salto na água.



Figura 3 - Teste de impulsão vertical (PLATONOU, 2005).

No estudo de Platanou (2005) foram avaliados 43 jogadores de PAq, sendo 9 membros da equipe nacional da Grécia, com atuação em posições distintas, sendo 10 jogadores de centro/ataque (idade de $23,2 \pm 2,3$ anos, estatura de $188 \pm 3,9$ cm, massa corporal de $97,9 \pm 10,3$ kg, experiência competitiva de $10,8 \pm 2,3$ anos), 10 jogadores de centro/defensores (idade de $23,1 \pm 4,1$ anos, estatura de $186 \pm 4,1$ cm, massa corporal de $89,9 \pm 4,6$ kg, experiência competitiva de $11,6 \pm 3,8$ anos), 14 jogadores de perímetro (idade de $22,7 \pm 3,8$ anos, estatura de $182 \pm 4,7$ cm, massa corporal de $83,4 \pm 7,3$ kg, experiência competitiva de $9,1 \pm 4,1$ anos), e 9 goleiros (idade de $22,9 \pm 3,9$ anos, estatura de $186 \pm 5,7$ cm, massa corporal de $85,3 \pm 5,6$ kg, experiência competitiva de $9,0 \pm 3,5$ anos). Apresentaram valores de impulsão vertical para jogadores de centro/ataque $65,8 \pm 4,2$ cm, jogadores de centro/defesa $69,1 \pm 3,4$ cm, jogadores de perímetro $67,3 \pm 3,9$ cm, e goleiros $73,1 \pm 5,6$ cm. Este resultado indicou que a altura do salto poderá variar de acordo com as diferentes posições dos jogadores.

Bratusa *et al.* (2015) realizaram estudo com 29 jogadores juniores de PAq da Sérvia, sendo 12 jogadores integrantes de seleção nacional (idade de $15,8 \pm 0,8$ anos, estatura de $185 \pm 5,25$ cm, massa corporal de $81,7 \pm 7,6$ kg, experiência de $7,38 \pm 1,47$ anos). O resultado encontrado para a altura do salto na água foi de $148 \pm 5,99$ cm. Em outro estudo, Zinner *et al.* (2015) avaliaram 15 jogadores de elite do PAq da Alemanha (idade de $16,0 \pm 3,0$ anos, estatura $185 \pm 9,0$ cm, massa corporal de $84,0 \pm 12,5$ kg). O resultado encontrado foi de $155 \pm 8,61$ cm para o salto vertical em

eggbeater. De modo geral, os estudos indicam relação entre força e velocidade de membros inferiores como condicionantes para se atingir uma altura elevada no salto na água (BRATUSA *et al.*, 2015; ZINNER *et al.*, 2015). A habilidade de saltar revela-se como determinante para o desempenho ofensivo e defensivo no PAq (ALVES *et al.*, 2019).

2.4 Análise de redes

Com base na ciência de sistemas complexos e teoria de evolução biológica, uma nova maneira de interpretar dados e variáveis é proposta. O objetivo principal está em atualizar as suposições científicas no esporte para promover o pensamento crítico de cientistas, treinadores e praticantes, conseqüentemente, melhorar suas decisões metodológicas. Deve-se considerar o fator imprevisibilidade através do desenvolvimento de sinergias sustentado pelas propriedades de organização hierárquica e causalidade de restrições. Portanto, o conjunto de restrições agindo em diferentes níveis e escalas de tempo (BALAGUÉ *et al.*, 2020).

As propriedades de organização hierárquica e causalidade de restrições integram-se em todas as dimensões possíveis, do social ao genético, e aplicam-se a todos os tipos de esporte, em diferentes faixas etárias e níveis de especialização. Podem ser transferidos para diferentes campos, como por exemplo, saúde, educação, gestão, entre outros, de modo que o conceito de interações de rede seja compreendido de forma horizontal, e não vertical, como tradicionalmente predomina na ciência do esporte. Uma das hipóteses no que se refere a análise dos dados de forma vertical, é o fato da ciência do esporte ser fortemente influenciada pelo reducionismo (BALAGUÉ *et al.*, 2020; POL. *et al.*, 2020).

Considerando a dinâmica de interações nos esportes coletivos, a abordagem por meio da análise de redes parece ser um caminho interessante para analisar diversas variáveis e suas interações de modo integrado (RIBEIRO *et al.*, 2017). Esportes coletivos são compostos por diferentes agentes do sistema interagindo de diversas maneiras, como por exemplo, jogadores durante uma partida em contato por meio de passes, arremessos e luta corporal por ocupação de espaços, portanto, revelando comportamentos emergentes e auto-organizados (AGUIAR *et al.*, 2015). O trabalho em equipe pode ser interpretado como os comportamentos funcionais

emergindo de performance dentro de grupos, resultando de requisitos de coordenação impostos por tarefas interdependentes (BRANNICK *et al.*, 1995).

Para Pol *et al.* (2020), o termo “treinamento”, entendido como o processo de aprendizagem ou aquisição de habilidades específicas, pode ser substituído pelo termo “sinergia”, que significa combinar, ou, trabalhar em conjunto. Desse modo, a partir de uma visão integrada, parte-se do pressuposto que no decorrer do exercício, as sinergias operam em diversas escalas, e reorganizam-se continuamente, permitindo a compensação recíproca de componentes e processos para satisfazer os objetivos da tarefa. Assim possuem relações causais circulares entre os componentes, ou seja, formação de sinergias que determinam o comportamento (NOBLE *et al.*, 2019; TARASOV, 2019).

O estudo de Clemente *et al.* (2015) analisou 7 partidas da seleção alemã de futebol na Copa do Mundo Fifa no ano de 2014, um conjunto de dados de 3.032 passes entre companheiros durante os jogos. Por meio da análise de redes, constatou-se que a seleção alemã baseava seu processo de ataque de modo posicional, e não por meio de contra-ataque, além disso, os meio campistas demonstraram-se proeminentes, seguidos pelos defensores centrais. No estudo de Passos *et al.* (2010) foram observadas 11 unidades de ataque de cada equipe durante partidas de PAq. Neste caso, considerou-se o momento em que a equipe conquistou a posse de bola até o momento de troca de posse ou finalização da jogada. Os níveis de ligação das redes para cada unidade de ataque foram estabelecidos quando um jogador passou a bola para o companheiro de equipe, ou quando ocorreu mudança de posição. Por meio da análise de redes constatou-se alto nível de interações entre os jogadores das posições das pontas e o centro ofensivo.

No PAq é possível afirmar que os parâmetros de desempenho possuem relação, ou seja, uma ação técnica poderá interferir em outra, de modo positivo ou negativo no que se refere ao desempenho. Por exemplo, no estudo de McCluskey *et al.* (2010), observou-se a velocidade do arremesso e a altura do salto na água em 22 jogadoras da liga australiana com média de 20 ± 6 anos de idade. Foi constatado que a força dos membros inferiores são preditores para atingir maior velocidade nos arremessos, ou seja, quanto mais eficiente a execução da pernada *eggbeater*, maior será a projeção do tronco para fora d'água, conseqüentemente, maior será a velocidade do arremesso.

No estudo de Castro *et al.* (2021) com 55 jogadores brasileiros (idade de $21,6 \pm 8,2$ anos e experiência entre treinamento e competição de $8,5 \pm 6,1$ anos), foram avaliados o salto vertical na água, a velocidade do arremesso, agilidade, e encontrados os respectivos valores: $137,5 \pm 14,3$ cm, $17,9 \pm 1,4$ m.s⁻¹, $3,8 \pm 0,3$ s. Também, foram encontradas correlações positivas significativas entre salto vertical na água e agilidade, e, velocidade do arremesso e agilidade. Ainda na busca de correlações entre os parâmetros de desempenho no PAq, o estudo de Tan *et al.* (2009), com 26 jogadoras de elite da liga australiana, indicou que características antropométricas e de condicionamento físico podem se diferenciar entre atletas de diferentes níveis de competição e de diferentes posições.

Tem sido indicado que existe correlação entre parâmetros relacionados ao desempenho no PAq (MCCLUSKEY *et al.*, 2010; CASTRO *et al.*, 2021), entretanto, esses estudos foram realizados a partir de uma análise linear (correlações bivariadas e lineares). Assim, questiona-se se seria possível identificar a magnitude das diversas influências, de modo simultâneo e se seria possível compreender as relações entre as diferentes variáveis de modo abrangente, além das relações bivariadas.

CAPÍTULO III: ANÁLISE DE REDES NO POLO AQUÁTICO: ANTROPOMETRIA, POSIÇÃO TÁTICA E PARÂMETROS DE DESEMPENHO

Resumo

Considerando (i) as possibilidades mais amplas das análises de rede no esporte, (ii) a necessidade de compreensão das possíveis relações entre diferentes parâmetros que influenciam o desempenho no PAq e (iii) o possível efeito da experiência prática sobre o desempenho, este estudo, apresenta como objetivo geral, estudar parâmetros de desempenho no PAq por meio das análises de rede, considerando as possíveis complexas relações entre antropometria, posição tática do jogador e experiência na modalidade. Participaram do estudo 49 jogadores de quatro times do sexo masculino divididos em dois grupos: grupo 1 (menos experientes, G1) composto por 24 jogadores (três jogadores de centro e 21 de perímetro), e grupo 2 (mais experientes, G2) composto por 25 jogadores (seis jogadores de centro e 19 de perímetro). Foram mensuradas massa corporal, estatura e envergadura e aplicados testes para agilidade (AGIL), impulsão vertical (IMPV) e velocidade do arremesso (VEL). Foram calculadas médias, desvios-padrão, limites dos intervalos de confiança das médias, frequências absolutas e relativas. Tamanho de efeito da experiência sobre as variáveis escalares foram verificados com *d* de Cohen. Para avaliar as associações entre parâmetros de desempenho, antropometria e posição tática, técnica de *Machine Learning* chamada de Análises de Rede foi utilizada. Três medidas de centralidade foram utilizadas: *closeness centrality (CC)*, *strength centrality (SC)* e *expected influence (EI)*. Os tamanhos de efeito da experiência foram moderados para massa corporal e para IMPV. Para G1, posição tática e IMPV apresentaram os maiores valores de *CC* (respectivamente 1,23 e 1,75) e *SC* (respectivamente 1,14 e 0,77). Já envergadura e experiência apresentaram os maiores valores de *EI*, respectivamente, 1,70 e 1,32. Para G2, envergadura e massa apresentaram os maiores valores de *CC*, respectivamente, 1,57 e 0,91. Envergadura e experiência apresentaram os maiores valores de *SC*, respectivamente, 2,16 e 0,69. Estatura e envergadura apresentaram os maiores valores de *EI*, respectivamente, 1,05 e 0,91. Antropometria e experiência influenciam no desempenho do jogador de PAq para a execução de ações específicas e na adaptação da posição tática na equipe.

Palavras-chave: avaliação, esporte aquático, desempenho

Abstract

Considering (i) the broader possibilities of network analysis in sport, (ii) the need to understand the possible relationships between different parameters that influence the water polo (WP) performance and (iii) the possible effect of practical experience on performance, this study , presents as a general objective, to study performance parameters in the WP through network analysis, considering the possible complex relationships between anthropometry, the player's tactical position and experience in the modality. The study included 49 players from four male teams divided into two groups: group I (less experienced, G1) consisting of 24 players (three center players and 21 perimeter players), and group 2 (more experienced, G2) consisting of 25 players (six center players and 19 perimeter players). Body mass, height and arm span were measured and tests for agility (AGIL), vertical impulse (IMPV) and throw speed (VEL) were applied. Means, standard deviations, mean's limits of confidence intervals, absolute and relative frequencies were calculated. Effect size of experience on scalar variables were verified with Cohen's d. To assess the associations among performance parameters, anthropometry and tactical position, a Machine Learning technique called Network Analysis was used. Three centrality measures were used: closeness centrality (CC), strength centrality (SC) and expected influence (IE). The effect sizes of the experiment were moderate for body mass and for IMPV. For G1, tactical position and IMPV presented the highest values of CC (respectively 1.23 and 1.75) and SC (respectively 1.14 and 0.77). On the other hand, arm span and experience had the highest EI values, respectively, 1.70 and 1.32. For G2, arm span and body mass presented the highest CC values, respectively, 1.57 and 0.91. Arm span and experience had the highest SC values, respectively, 2.16 and 0.69. Height and arm span showed the highest EI values, respectively, 1.05 and 0.91. Anthropometry and experience influence the performance of the WP player to perform specific actions and adapt the tactical position in the team.

Key-words: assessment, water sport, performance

Introdução

O Polo Aquático (PAq) é um esporte coletivo e de invasão, cujo principal objetivo consiste em invadir o setor defendido pelo adversário, atingir a meta contrária para pontuar e proteger, simultaneamente, a sua própria meta. Pela razão de ser praticado na água, o ambiente deverá apresentar incertezas aos praticantes, portanto, deverá exigir permanente adaptação motora (LAMAS *et al.*, 2014). Habilidades específicas e vastas são necessárias, deste modo, a exigência vai além das técnicas de nado clássicas, ou seja, os quatro estilos esportivos. Torna-se fundamental a aquisição de repertório motor alargado que contemple mudanças de direção e sentido de nado, mudanças de ritmo, arranques, travagens, saltos, rotações, *eggbeater*, e manipulação da bola (CANOSSA *et al.*, 2005; CANOSSA *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2016). No aspecto tático, os jogadores ocupam posições centrais (armador e centro) e posições periféricas (alas e pontas), além do goleiro.

As características antropométricas apresentam correlações positivas com ações específicas do PAq como a velocidade do arremesso, por exemplo e indicam características importantes para a determinação das diferentes posições táticas dos jogadores em campo (FERRAGUT *et al.*, 2008; TAN *et al.*, 2009; FERRAGUT *et al.*, 2011; IDRIZOVIC *et al.*, 2013; MARTINEZ *et al.*, 2015). A experiência parece exercer influência importante no desempenho no PAq, tanto em relação ao domínio do meio aquático quanto em relação ao domínio dos fundamentos técnico-táticos, visto que a literatura indica que a iniciação nas grandes potências mundiais ocorre antes dos 10 anos de idade, e nas principais competições internacionais as equipes possuem jogadores com idade média superior a 25 anos (SARMENTO, 1995; CANOSSA *et al.*, 2009).

Parâmetros de desempenho podem ser avaliados em testes específicos. A avaliação é importante para o controle do treinamento e das possibilidades de rendimento. Somente avaliando de forma sistemática é possível prever o desempenho, individual e coletivo, o que resultará em informações valiosas para treinadores e atletas (CANOSSA *et al.*, 2009). Muitas vezes no PAq são aplicados testes de forma empírica ou em alguns casos de relevância pouco clara, portanto, se faz necessário pensar em testes que possam avaliar habilidades motoras específicas, individualmente e combinadas (SMITH, 1998; SHEPPARD *et al.*, 2006; CURRELL E JEUKENDRUP, 2008; VEALE *et al.*, 2010). Considerando as principais capacidades

que determinam o sucesso de um jogador de PAq, destaca-se agilidade (TUCHER *et al.*, 2014), velocidade do arremesso (FERRAGUT *et al.*, 2010) e impulsão vertical (PLATONOU, 2005), cujos testes apresentam, como principais objetivos, respectivamente, avaliar a agilidade dos jogadores de linha, a velocidade do arremesso e a impulsão vertical com a execução da pernada propulsiva em *eggbeater*.

Para a investigação de possíveis relações entre parâmetros de desempenho no PAq, predominam análises de correlações bivariadas, porém, nem sempre são significativas, deste modo, parecem não mostrar o melhor retrato das relações entre as diversas variáveis que influenciam o desempenho. Neste caso, uma possibilidade de estudo seria a análise de redes, que permite explorar parâmetros de desempenho de forma individual, coletiva e suas interações. Nesta perspectiva, os jogadores e as características avaliadas podem ser vistos como nós de rede conectados por meio de variáveis relevantes para o desempenho, sustentando padrões complexos de interação entre companheiros de equipe, como por exemplo, um jogador em uma rede de passes em ataque com superioridade numérica. Deste modo, torna-se possível obter informações detalhadas de todas as variáveis analisadas (LUSHER *et al.*, 2010; RIBEIRO *et al.*, 2017), sem excluí-las das análises, por menor que sejam as contribuições de cada uma delas para as redes.

Considerando (i) as possibilidades mais amplas da análise de redes no esporte, (ii) a necessidade de compreensão das possíveis relações entre diferentes parâmetros que influenciam o desempenho no PAq e (iii) o possível efeito da experiência prática sobre o desempenho, este estudo, apresenta como objetivo geral, estudar parâmetros de desempenho no PAq por meio da análise de redes, considerando as possíveis complexas relações entre antropometria, posição tática do jogador e experiência na modalidade.

Métodos

Participaram do presente estudo 49 jogadores de polo aquático, do sexo masculino, divididos em dois grupos pelo percentil 50 da experiência (anos) em treinamentos e campeonatos de polo aquático. Os jogadores eram de quatro diferentes times de PAq. O grupo 1 (menos experientes, G1) foi composto por 24 jogadores (3 jogadores de centro e 21 de perímetro). Já o grupo 2 (mais experientes, G2) foi composto por 25 jogadores (6 jogadores de centro e 19 de perímetro). Os

participantes treinavam ao menos três vezes por semana, entre 90 e 120 min por sessão, nos últimos 6 meses anteriores a coleta. A Tabela 1 mostra as frequências (absoluta/ relativa) das posições táticas de jogo dos participantes, em cada grupo.

Tabela 1 - Frequências absoluta / relativa das posições de preferência de jogo dos participantes, em cada grupo (G1: menos experiente; G2 mais experiente).

Jogadores	G1, n = 24	G2, n = 25
Centro	3 / 12,5%	6 / 24%
Perímetro	21 / 87,5%	19 / 76%

Esta pesquisa foi devidamente avaliada e aprovada por Comitê de Ética em Pesquisa. Participantes maiores de 18 anos e pais ou responsáveis pelos participantes menores de 18 anos assinaram um termo de consentimento e participantes menores de 18 anos de idade assinaram um termo de assentimento para participação no estudo.

Coleta e análise dos dados

Os dados antropométricos e as informações a respeito da experiência e posição tática foram obtidos antes da realização dos testes na piscina. Os avaliados foram orientados a não treinar 24 horas antes da realização dos testes, além disso, evitar o consumo de álcool 72 horas antes ou consumir qualquer produto com cafeína. As posições táticas foram identificadas pela área de atuação dos atletas. Assim foram classificadas como jogadores de perímetro (alas e pontas) e jogadores de centro (armador e centro). Estatura, massa e envergadura foram obtidas com procedimentos padrão, utilizando-se trena e balança, com os jogadores descalços e trajando apenas sunga. Os testes foram aplicados ao longo de três dias, separados por, pelo menos 24 horas, sempre com realização de aquecimento padrão para sessão de treinamento de PAq.

Testes

Agilidade

Para a obtenção dos dados de agilidade, aplicou-se o TFDA (TUCHER *et al.*, 2014). Os jogadores avaliados seguiram a trajetória da bola após passes executados pelos jogadores posicionados nos vértices da área estabelecida para realização do

teste de 9 m². Para cada vértice, foi colocada uma bola em um arco flutuante. Três passes foram executados entre os jogadores posicionados nos vértices. O avaliado só tinha conhecimento do primeiro passe executado, deste modo, para o segundo e o terceiro passe foi necessário um deslocamento rápido para a retirada da bola do arco do respectivo jogador do vértice que recebeu e executou o passe seguinte. Após a segunda bola retirada o cronômetro foi parado, e o tempo de agilidade registrado. Foram utilizados dois cronômetros da marca Casio (JS-9006 P) por dois treinadores experientes. Os avaliadores e os jogadores testados foram informados previamente sobre os procedimentos do teste, e estavam devidamente familiarizados com o protocolo. Para evitar interferência no desempenho do teste, os atletas não receberam informações sobre o resultado final durante aplicação.

Impulsão Vertical

Os jogadores avaliados mantiveram-se em uma posição vertical executando *eggbeater* e palmateios com uma das mãos, o outro braço permaneceu estendido acima da linha da cabeça (posição defensiva para bloqueio) por 5 s. Em seguida, executaram um movimento preparatório para o salto com a execução de palmateios com as duas mãos, e movimento de pernas em alta intensidade saltando e tocando a placa no máximo ponto possível. Cada jogador teve direito a três tentativas em um intervalo de 05 min. Uma câmera de vídeo Sanyo (VPC-WH1, operando a 60 Hz) foi utilizada em um tripé. As imagens dos testes foram digitalizadas no software Kinovea. Para análise dos dados, com uma fita adesiva, foi marcado o espaço vertical no local do teste para calibração da imagem, em seguida, obteve-se o resultado do salto vertical em centímetros. O teste foi adaptado ao modelo proposto por Platanou (2006).

Velocidade da Bola

Os jogadores avaliados arremessaram a uma distância de 5 m, simulando uma cobrança de pênalti, sem goleiro. Um aquecimento de 5 min foi concedido aos participantes, que realizaram passes e arremessos. No teste, cada jogador avaliado realizou cinco arremessos com intervalo de 1 min entre as tentativas. Nas situações nas quais a bola foi para fora, ou, quicou na água antes de atingir o gol, ou, quando acertou a trave, se fez necessário repetir a tentativa. Foi utilizado um radar Bushnell (26,5 – 40 GHz) localizado atrás do gol para medir a velocidade da bola após o arremesso, conforme descrito por Skoufas *et al.*, (2003). Este radar contém um transmissor de radiofrequência que opera na banda K, um eletromagnético

microondas que cobre frequências de 26,5 a 40 GHz, utilizadas em satélites de comunicação e radares para detectar a velocidade de objetos em movimento. O teste foi adaptado do modelo proposto por Ferragut *et al.*, (2009).

Análise estatística

Média, desvio-padrão e limite dos intervalos de confiança das médias foram calculadas para as variáveis escalares. Já as frequências absolutas e relativas foram calculadas para as variáveis categóricas. Tamanho de efeito da experiência (efeito dos grupos) sobre as variáveis escalares foram verificados com *d* de Cohen e categorizados de acordo com: 0 a 0,19 trivial, 0,2 a 0,59 pequeno, 0,6 a 1,19 moderado, 1,2 a 1,99 grande, 2,0 a 3,99 muito grande e $> 4,0$ quase perfeito (HOPKINS, 2002).

Para avaliar parâmetros de desempenho considerando possíveis associações entre antropometria, posição tática e experiência, a técnica de *Machine Learning* chamada de Análise de Redes foi utilizada (Epskamp *et al.*, 2012). Na análise de redes várias medidas de centralidade são geradas para entender o papel de cada variável no sistema. Para um melhor entendimento da centralidade de cada variável os valores são transformados em z-score. No presente estudo, três medidas foram utilizadas (Epskamp *et al.*, 2012):

- (i) *Expected influence (EI)*: estimado a partir da magnitude das arestas negativas e positivas que conectam um nó aos outros;
- (ii) *closeness centrality (CC)*: determinado a partir do inverso das distâncias de um nó a todos os outros;
- (iii) *strength centrality (SC)*: a soma de todos os pesos dos caminhos que conectam um nó aos outros.

Em relação às medidas de centralidade, quanto mais distantes de zero, maior relevância da variável dentro do sistema. Neste estudo foi utilizado o modelo de campo aleatório “pairwise markov” para melhorar a precisão da rede de correlação parcial. O algoritmo de estimativa usado assume a interação de ordem mais alta do gráfico verdadeiro. O algoritmo inclui uma penalidade L1 (*regularized neighborhood regression*). A regularização é alcançada por um operador de seleção e contração menos absoluto que controla a dispersão do modelo (Friedman *et al.*, 2008). O critério Bayesiano de informação estendida (EBIC) foi usado porque é mais conservador selecionar o Lambda a partir do parâmetro de regularização. EBIC usa um

hiperparâmetro (γ) que determina quanto EBIC seleciona modelos esparsos (Chen e Chen, 2008; Foygel e Drton, 2010). O valor γ é geralmente definido entre 0 e 0,5. Valores mais altos indicam modelos mais parcimoniosos com menos arestas. Um valor mais próximo de 0 indica uma estimativa com mais arestas. Um valor γ de 0,25 é potencialmente um valor útil para redes exploratórias. Este valor foi utilizado no presente estudo (Foygel e Drton, 2010). A função de ajuste retorna os parâmetros estimados a uma matriz de adjacência ponderada e não ponderada. As relações positivas na rede são expressas pela cor verde e as negativas pela cor vermelha. A espessura e a intensidade das cores representam a magnitude das associações. O programa JASP versão 0.14.1.0 foi utilizado para as análises e construção das redes.

Resultados

As descrições de tempo de experiência, idade, características antropométricas e dos parâmetros de desempenho, bem como os tamanhos de efeito da experiência estão na Tabela 2. Pode-se verificar que experiência (ser do grupo menos ou mais experiente) apresentou: (i) grande tamanho de efeito sobre idade, (ii) trivial sobre estatura e envergadura e (iii) moderado sobre a massa. Já em relação aos parâmetros de desempenho, os efeitos dos grupos de experiência foram: (i) moderado sobre a impulsão vertical e (ii) pequeno sobre a agilidade e velocidade da bola.

Tabela 2 – Médias, desvios-padrão, limites dos intervalos de confiança das médias, d de Cohen e respectiva categoria de efeito dos grupos de experiências para tempo de experiência, idade, características antropométricas e parâmetros de desempenho; (G1: menos experiente; G2 mais experiente).

	G1, n = 24	G2, n = 25	d - Efeito
Experiência (anos)	4,7 ± 1,0	13,0 ± 6,7	1,7
	4,3 – 5,2	10,2 – 15,7	Grande
Idade (anos)	17,9 ± 5,7	26,5 ± 8,6	1,8
	15,4 – 20,3	22,5 - 30,1	Grande
Estatura (cm)	180,0 ± 5,8	179,1 ± 5,8	0,15
	177,5 – 182,5	177,5 – 182,5	Trivial
Envergadura (cm)	185,6 ± 5,2	185,0 ± 7,2	0,09
	183,4 – 187,8	182,0 – 188,0	Trivial
Massa corporal total (kg)	74,6 ± 8,2	81,0 ± 13,4	0,82
	71,1 – 78,1	75,4 – 86,6	Moderado
Impulsão vertical (cm)	132,1 ± 10,9	141,0 ± 16,0	0,65
	127,4 – 136,7	134,4 – 147,7	Moderado
Agilidade (s)	3,8 ± 0,2	3,7 ± 0,3	0,39
	3,7 – 3,9	3,5 – 3,8	Pequeno
Velocidade bola (m·s ⁻¹)	17,8 ± 1,2	18,2 ± 1,6	0,28
	17,2 – 18,3	17,5 – 18,9	Pequeno

As Figuras 4 e 5 apresentam as redes formadas para, respectivamente, G1 e G2 com a utilização das variáveis experiência (EXP), idade (IDA), estatura (EST), envergadura (ENV), massa corporal total (MAS), posição tática (POS), impulsão vertical (IMPV), agilidade (AGIL) e velocidade da bola (VEL). Linhas azuladas indicam relações positivas, linhas avermelhadas indicam relações negativas. A espessura de cada linha indica a força da relação².

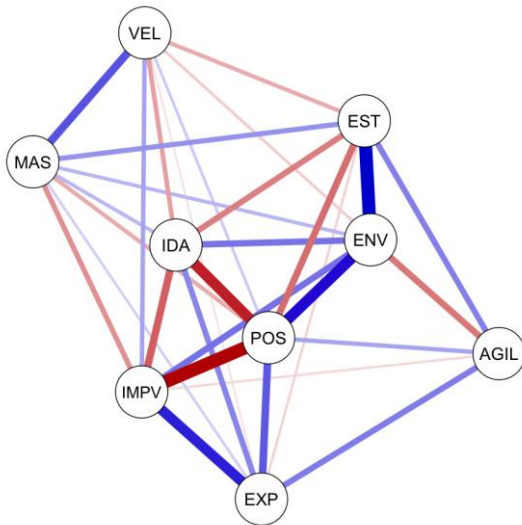


Figura 4 – Rede formada no G1 (jogadores menos experientes): EXP (experiência), IDA (idade), EST (estatura), ENV (envergadura), MAS (massa corporal total), POS (posição), IMPV (impulsão vertical), AGIL (agilidade) e VEL (velocidade da bola). Linhas azuladas indicam relações positivas, linhas avermelhadas indicam relações negativas. A espessura de cada linha indica a força da relação; n = 24.

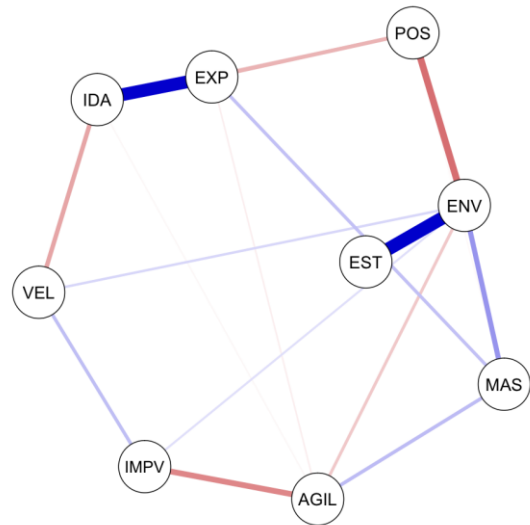


Figura 5 - Rede formada no G2 (jogadores mais experientes): EXP (experiência), IDA (idade), EST (estatura), ENV (envergadura), MAS (massa corporal total), POS (posição), IMPV (impulsão vertical), AGIL (agilidade) e VEL (velocidade da bola). Linhas azuladas indicam relações positivas, linhas avermelhadas indicam relações negativas. A espessura de cada linha indica a força da relação; n = 25

As medidas de centralidade, para G1 e G2, em relação à posição tática, experiência, idade, estatura, envergadura, massa corporal total, impulsão vertical, agilidade e velocidade da bola estão apresentadas na Tabela 3.

² De modo complementar, a matriz de correlações está no Anexo 1 desta dissertação.

Tabela 3 – Medidas de centralidade para G1 (menos experiente; n = 24) e G2 (mais experiente; n = 25).

	<i>Closeness</i>		<i>Strength</i>		<i>Expected influence</i>	
	G1	G2	G1	G2	G1	G2
POS	1,23	0,56	1,75	-0,40	-1,00	-1,77
EXP	-0,13	0,38	-0,43	0,69	1,32	0,86
IDA	0,21	-0,15	0,31	0,65	-1,21	0,30
EST	0,48	0,13	0,21	-0,20	-0,02	1,05
ENV	0,66	1,57	0,64	2,16	1,70	0,91
MAS	-1,02	0,91	-0,85	-0,65	0,35	0,65
IMPV	1,14	-1,54	0,77	-0,79	-0,81	-0,57
AGIL	-1,20	-0,96	-1,19	-0,49	-0,08	-1,07
VEL	-1,38	-0,91	-1,19	-0,94	-0,22	-0,38

Métricas do score z de centralidade. POS (posição), EXP (experiência), IDA (idade), EST (estatura), ENV (envergadura), MAS (massa corporal total), IMPV (impulsão vertical), AGIL (agilidade) e VEL (velocidade da bola)

Discussão

Este estudo buscou estudar parâmetros de desempenho no PAq por meio da análise de redes, considerando as possíveis complexas relações entre antropometria, posição tática do jogador e experiência na modalidade. Também, considerando-se a necessidade da compreensão destas possíveis relações entre diferentes parâmetros que influenciam o desempenho no PAq, buscou-se possível contribuição para treinadores e jogadores. Dentre os resultados do presente estudo, destacam-se: (i) a análise gráfica das redes ilustrou a maior conectividade entre as variáveis para G1 e indicou nível inferior de complexidade entre as variáveis para G2; e (ii) a influência da EXP na antropometria e parâmetros de desempenho indicada nos tamanhos de efeito moderado para massa corporal e IMPV, respectivamente.

Para a formação de um jogador de PAq de bom nível técnico são necessários pelo menos 15 anos de experiência competitiva. Tal afirmação parte da análise que as melhores equipes internacionais possuem jogadores com idade média superior a 25 anos e a iniciação no PAq, nas grandes potências mundiais, ocorre antes mesmo dos 10 anos de idade (CANOSSA *et al.*, 2009). Assim, a experiência exerce influência preponderante no que se refere ao desempenho na modalidade (SARMENTO, 1995; CANOSSA *et al.*, 2009). Neste estudo, o grupo com menor tempo de prática apresentou $4,7 \pm 1,0$ anos de experiência, com idade de $17,9 \pm 5,7$ anos, deste modo, a ausência de tamanho de efeito grande de em relação a VEL, AGIL e IMPV foi

inesperado. Para o grupo dos jogadores com maior tempo de prática, com $13,0 \pm 6,7$ anos e idade de $26,5 \pm 8,6$ anos, esperava-se tamanho de efeito de maior impacto nos parâmetros de desempenho avaliados.

Contudo, em relação a interpretação do tamanho de efeito, Cohen (1988) classificou-o em pequeno, médio e grande, e posteriormente, indicou que um tamanho de efeito moderado representa uma magnitude evidente a olho nu para um investigador cuidadoso, ou seja, de alguma forma a influência na variável observada deve ser considerada (ESPÍRITO SANTO *et al.*, 2015). Neste estudo, a experiência para IMPV apresentou tamanho de efeito moderado. A IMPV apresenta-se como um parâmetro decisivo para o desempenho de destaque no PAq, pois influencia na capacidade de execução de passes, arremessos e bloqueios defensivos (PLATANOU, 2005; ALVES *et al.*, 2019), neste caso, a experiência indica ser relevante para tal capacidade.

Jogos esportivos, equipes e atletas recentemente tem sido visto como sistemas adaptativos complexos cujo comportamento é influenciado pelas restrições do meio-ambiente, do indivíduo e da tarefa (KAMM, THELEN & JENSEN, 1990; POL *et al.*, 2020). A partir desta perspectiva, o PAq pode ser compreendido como um fenômeno complexo por conter variáveis de naturezas distintas, como antropométricas, táticas, técnicas, que em conjunto, influenciam no desempenho, deste modo, são sensíveis a mudanças e apresentam comportamentos que não são lineares. Para interpretar as diferentes variáveis que compõem o PAq a análise de redes parece traduzir da melhor forma essas interações, ou seja, de modo integrado observar todas as relações que possam influenciar no comportamento para diferentes níveis de desempenho.

Neste estudo, por meio da análise gráfica das redes, foi possível identificar relações importantes entre as variáveis em cada grupo de experiência. Além disso, diferenças entre os grupos foram identificadas: a primeira delas trata-se do padrão de rede apresentado para o grupo de atletas menos experientes (G1) em comparação ao grupo de atletas mais experientes (G2). A Figura 4 indica uma rede com maior nível de complexidade para o G1, com interações próximas e múltiplas, cenário que sugere que atletas com menos experiência, em formação, possuem maior número de variáveis sensíveis a mudanças. Já a Figura 5 indica uma rede com padrão distinto para atletas mais experientes, com maior distanciamento entre as variáveis de desempenho, que parecem ser mais fixas, conseqüentemente, demonstrando ser

mais resistentes a mudanças. Tal resultado, levando em consideração as possíveis respostas de jovens ao treinamento, parece reforçar a possibilidade da experiência exercer papel importante, especialmente quando se trata de, em jovens atletas, propiciar inúmeras e diversas práticas.

Os valores de *Closeness* indicam quais variáveis possuem o caminho mais curto entre as outras, ou seja, quais variáveis poderiam sofrer efeitos de intervenções mais rapidamente. Em relação aos parâmetros de desempenho, os valores indicam que para G1 a IMPV (1,14) está mais próxima das outras variáveis da rede, conseqüentemente, a partir de uma possível intervenção, poderá sofrer efeito rapidamente. Referente à posição tática, G1 e G2 apresentaram, respectivamente, 1,23 e 0,56. Os valores sugerem que para G1 a posição tática está mais sensível a mudanças, tal resultado pode indicar a baixa especialidade de ação em relação à função que os jogadores menos experientes devem possuir. Quanto aos parâmetros antropométricos, o destaque está no valor apresentado para envergadura (1,57) e massa corporal (0,91) no G2.

Os valores de *Strength* indicam quais variáveis, no atual padrão da rede, possuem mais relações fortes. Em relação aos parâmetros de desempenho, os valores indicam que para G1 IMPV (0,77) possui mais relações fortes no atual padrão da rede. Em relação à posição tática, constatou-se uma diferença entre os grupos, G1 e G2 apresentaram, respectivamente, 1,75 e -0,40. Para experiência também houve diferença entre os grupos, G1 e G2 apresentaram, respectivamente, -0,43 e 0,69. Referente aos parâmetros antropométricos, o destaque está no valor apresentado para envergadura (2,16) no G2. Este resultado indica a magnitude das relações da envergadura com as outras variáveis. Assim, os parâmetros antropométricos podem ser considerados imprescindíveis para técnicos determinarem as posições táticas dos seus atletas nas suas equipes (PLATANOU e VARAMENTI, 2011).

Os valores de *Expected Influence* indicam as variáveis mais influentes na rede, conseqüentemente, as variáveis mais suscetíveis a intervenções. Assim como indicam quais variáveis são mais difíceis de acessar, portanto, mais resistentes a mudanças. Em relação aos parâmetros de desempenho, os valores indicam que para G1 AGIL (-0,08) é a variável mais difícil de ser acessada e com menor capacidade de sofrer intervenções diretamente, além disso, foi possível identificar a importância da experiência (1,32) para todas as variáveis na rede. Referente aos parâmetros

antropométricos, para G2 as variáveis de destaque indicadas foram envergadura (1,05) e estatura (0,91), e para G1, a variável de destaque indicada foi envergadura (1,70).

A análise integrada entre diversas variáveis, buscando-se verificar a complexa relação entre os diferentes parâmetros que podem influenciar o desempenho em PAq, só é possível com análises como a utilizada no presente estudo. No PAq, anteriormente, já foram demonstradas relações isoladas entre parâmetros antropométricos e desempenho (PLATANOU et al, 2011; PLATANOU e VARAMENTI, 2011) e entre parâmetros de desempenho (CASTRO et al, 2021; MCCLUSKEY *et al.*, 2010), por exemplo. Porém tais análises ficam limitadas à eliminação de análise conjunta de parâmetros selecionados que poderiam, de alguma forma, intervir no desempenho. Os resultados do presente estudo, de forma ainda inicial, permitem fazer esta análise isolada, a partir da complexidade da modalidade em análise. Porém, é possível indicar, como limitações: a participação de pequeno número de jogadores que possuem posição central, a falta de análises antropométricas mais específicas, a falta de análises realizadas em situações de jogo.

Conclusão

Por meio da análise de redes foi possível visualizar o nível de complexidade e a magnitude das interações entre as variáveis antropométricas e de desempenho no PAq. Além disso, constatou-se o efeito da experiência sobre diferentes variáveis de modo integrado. Para o grupo menos experiente (G1), a maior intensidade entre as relações, conseqüentemente, a formação de uma rede mais complexa, com maior conectividade entre os nós, indicou que jogadores em formação possuem mais variáveis sensíveis a intervenções e mudanças que jogadores mais experientes. Entretanto, para o grupo mais experiente, a análise gráfica da rede formada indicou menor conectividade entre os nós, ou seja, menor complexidade, conseqüentemente, variáveis mais fixas e resistentes a mudanças. De modo geral, a antropometria e a experiência influenciam no desempenho do jogador de PAq para a execução de ações específicas (de agilidade, de salto e de arremesso) e na adaptação da posição tática na equipe.

Referências

- Alves, M., Monteiro, A. S., Cardoso, F., Santos, J. P., Leite, F., Pires, M., ... & Fernandes, R. F. (2019). Impulsão vertical em jogadores de pólo aquático de diferentes escalões competitivos (projeto INEX). *Motricidade*, 15, 16-17.
- Canossa, S; Garganta, J; Fernandes, R. (2009). PAQ: Conteúdos de Ensino dos Princípios do Jogo. *Porto*, p.07-29.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power for the behavioural sciences*. Hillsdale. NY: *Lawrence Erlbaum*.
- Chen, W. C. (2008). Nonlinear dynamics and chaos in a fractional-order financial system. *Chaos, Solitons & Fractals*, 36(5), 1305-1314.
- Currell, K., & Jeukendrup, A. E. (2008). Validity, reliability and sensitivity of measures of sporting performance. *Sports medicine*, 38(4), 297-316.
- Epskamp, S., Cramer, A. O., Waldorp, L. J., Schmittmann, V. D., & Borsboom, D. (2012). qgraph: Network visualizations of relationships in psychometric data. *Journal of statistical software*, 48(4), 1-18.
- Espírito Santo, H., & Daniel, F. (2017). Calcular E Apresentar Tamanhos Do Efeito EM Trabalhos Científicos (1): As Limitações Do $P < 0, 05$ Na Análise De Diferenças De Médias De Dois Grupos (Calculating and Reporting Effect Sizes on Scientific Papers (1): $P < 0.05$ Limitations in the Analysis of Mean Differences of Two Groups). *Revista Portuguesa de Investigação Comportamental e Social*, 1(1), 3-16.
- Ferragut, C., Villa, H., Abraldes, J. A., Argudo, F., Rodriguez, N., & Alcaraz, P. E. (2010). Relationship among maximal grip, throwing velocity and anthropometric parameters in elite water polo players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 50, 1-7.
- Ferragut, C., Abraldes, J. A., Vila, H., Rodriguez, N., Argudo, F. M., & Fernandes, R. J. (2011). Anthropometry and throwing velocity in elite water polo by specific playing positions. *Journal of human kinetics*, 27(1), 31-44.
- Foygel, R., & Drton, M. (2011). Bayesian model choice and information criteria in sparse generalized linear models.
- Friedman, J., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2008). Sparse inverse covariance estimation with the graphical lasso. *Biostatistics*, 9(3), 432-441.
- Hopkins, W. G. (2002). A scale of magnitudes for effect statistics. A new view of statistics [Internet]. 2002.[Access Sept 26, 2016].
- Idrizović, K., Uljević, O., Ban, Đ., Spasić, M., & Rausavljević, N. (2013). Sport-specific and anthropometric factors of quality in junior male water polo players. *Collegium antropologicum*, 37(4), 1261-1266.

- Kamm, K., Thelen, E., & Jensen, J. L. (1990). A dynamical systems approach to motor development. *Physical therapy, 70*(12), 763-775.
- Lamas, L., Barrera, J., Otranto, G., & Ugrinowitsch, C. (2014). Invasion team sports: strategy and match modeling. *International Journal of Performance Analysis in Sport, 14*(1), 307-329.
- Lusher, D., Robins, G., & Kremer, P. (2010). The application of social network analysis to team sports. *Measurement in physical education and exercise science, 14*(4), 211-224.
- Martínez, J. G., Vila, M. H., Ferragut, C., Noguera, M. M., Abalades, J. A., Rodríguez, N., ... & Alcaraz, P. E. (2015). Position-specific anthropometry and throwing velocity of elite female water polo players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 29*(2), 472-477.
- Pol, R., Balagué, N., Ric, A., Torrents, C., Kiely, J., and Hristovski, R. (2020). Training or synergizing? Complex systems principles change the understanding of sport processes. *Sport. Med.* 6:28. doi: 10.1186/s40798-020-00256-9
- Platanou, T. (2004). Time-motion analysis of international level water polo players. *Journal of Human Movement Studies, 46*(4), 319-332.
- Platanou, T. (2005). On-water and dryland vertical jump in water polo players. *J Sports Med Phys Fitness, 45*(1), 26-31.
- Platanou, T. (2006). Simple 'in-water' vertical jump testing in water polo. *Kinesiology, 38*(1.), 57-62.
- Platanou, T., & Varamenti, E. (2011). Relationships between anthropometric and physiological characteristics with throwing velocity and on water jump of female water polo players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 51*(2), 185.
- Ribeiro, J., Silva, P., Duarte, R., Davids, K., & Garganta, J. (2017). Team sports performance analysed through the lens of social network theory: implications for research and practice. *Sports medicine, 47*(9), 1689-1696.
- Sarmiento, P. (1995). O ensino do Pólo Aquático. *O ensino dos jogos desportivos*, 201-218.
- Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of sports sciences, 24*(9), 919-932.
- Silva, L. M., Giuliano, A. F., & de Souza Castro, F. A. (2016). Ensino, aprendizagem e avaliação da técnica do eggbeater em aulas de natação. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento, 24*(2), 138-145.
- Skoufas, D., Stefanidis, P., Michailidis, C., Hatzikotoulas, K., Kotzamanidou, M., & Bassa, E. (2003). The effect of handball training with underweighted balls on the

throwing velocity of novice handball players. *Journal of human movement studies*, 44(2), 157-171.

Smith, H. K. (1998). Applied physiology of water polo. *Sports medicine*, 26(5), 317-334.

Tan, F. H., Polglaze, T., Dawson, B., & Cox, G. (2009). Anthropometric and fitness characteristics of elite Australian female water polo players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(5), 1530-1536.

Tucher, G., Castro, F. A. D. S., Silva, S. D. M. D. Q., Garrido, N., Cabral, R. G., & Silva, A. J. (2014). Relação entre a origem do arremesso e a ocorrência do gol em competição no polo aquático masculino. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 16(2), 136-143.

Vila, H., Ferragut, C., Argudo, F. M., Abrales, J. A., Rodríguez, N., & Alacid, F. (2009). Relationship between anthropometric parameters and throwing velocity in water polo players. *Journal of Human Sport and Exercise*, 4(1), 57-68.

Veale, J. P., Pearce, A. J., & Carlson, J. S. (2010). Reliability and validity of a reactive agility test for Australian football. *International journal of sports physiology and performance*, 5(2), 239-248.

CAPÍTULO IV: CONSIDERAÇÕES FINAIS

O PAq pode ser considerado um esporte de alta complexidade devido, principalmente, a instabilidade ambiental gerada no meio aquático. Além disso, a riqueza na variedade de técnicas que abrangem sustentação, deslocamentos e manejo da bola tornam a modalidade ainda mais complexa. Para o domínio do meio aquático e das técnicas fundamentais para o desempenho no PAq torna-se imprescindível tempo de prática, ou seja, a experiência como fator determinante para o sucesso. Neste estudo, através da análise gráfica das redes dos grupos de atletas novatos e experientes, foi perceptível identificar as diferenças na intensidade das relações entre diferentes variáveis de desempenho.

A partir da perspectiva do PAq como um fenômeno complexo que abrange diferentes variáveis com distintos comportamentos, nem sempre lineares, a análise de redes demonstrou ser uma ferramenta extremamente útil, pois a observação da interface gráfica em conjunto com a interpretação dos valores numéricos permitiu uma análise integral. Para estudos futuros, sugere-se a possibilidade de investigar diferentes parâmetros de desempenho, posição tática e antropometria de forma individual, deste modo, estas informações e o método de análise poderiam servir de base para a utilização de técnicos. Além disso, sugere-se expandir este modelo de estudo para o PAq feminino e a aplicação nas categorias de base.

REFERÊNCIAS GERAIS

- Abraldes, J. A., Ferragut, C., Rodríguez, N., Alcaraz, P. E., & Vila, H. (2011). Throwing velocity in elite water polo from different areas of the swimming pool. In *ISBS-Conference Proceedings Archive*.
- Aguiar, M., Gonçalves, B., Botelho, G., Lemmink, K., & Sampaio, J. (2015). Footballers' movement behaviour during 2-, 3-, 4-and 5-a-side small-sided games. *Journal of sports sciences*, 33(12), 1259-1266.
- Alcaraz, P. E., Abraldes, J. A., Ferragut, C., Rodríguez, N., Argudo, F. M., & Vila, H. (2011). Throwing velocities, anthropometric characteristics, and efficacy indices of women's European water polo subchampions. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(11), 3051-3058.
- Alves, M., Monteiro, A. S., Cardoso, F., Santos, J. P., Leite, F., Pires, M., ... & Fernandes, R. F. (2019). Impulsão vertical em jogadores de pólo aquático de diferentes escalões competitivos (projeto INEX). *Motricidade*, 15, 16-17.
- Balagué, N., Hristovski, R., Almarcha, M. D. C., Garcia-Retortillo, S., & Ivanov, P. C. (2020). Network Physiology of Exercise: Vision and Perspectives. *Frontiers in Physiology*, 11, 1607.
- Bratuša, Z., & Dopsaj, M. (2016). The effect of various leg kick techniques on the vertical jump among water polo players. *Facta Universitatis, Series: Physical Education and Sport*, 419-430.
- Brannick, M. T., Prince, A., Prince, C., & Salas, E. (1995). The measurement of team process. *Human Factors*, 37(3), 641-651.
- Canossa, S; Garganta, J; Fernandes, R. (2009). PAQ: Conteúdos de Ensino dos Princípios do Jogo. *Porto*, p.07-29.
- Castro, C. D., Tucher, G., Paixão, D. A., Vasques, D. M., Garrido, N. D., de Souza Castro, F. A. (2021). Articles online first. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*.
- Clemente, F. M., Silva, F., Martins, F. M. L., Kalamaras, D., & Mendes, R. S. (2016). Performance Analysis Tool for network analysis on team sports: A case study of FIFA Soccer World Cup 2014. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 230(3), 158-170.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power for the behavioural sciences*. Hillsdale. NY: Lawrence Erlbaum.
- Currell, K., & Jeukendrup, A. E. (2008). Validity, reliability and sensitivity of measures of sporting performance. *Sports medicine*, 38(4), 297-316.

D'Auria, S., & Gabbett, T. (2008). A time-motion analysis of international women's water polo match play. *International journal of sports physiology and performance*, 3(3), 305-319.

Espírito Santo, H., & Daniel, F. (2017). Calcular E Apresentar Tamanhos Do Efeito EM Trabalhos Científicos (1): As Limitações Do $P < 0,05$ Na Análise De Diferenças De Médias De Dois Grupos (Calculating and Reporting Effect Sizes on Scientific Papers (1): $P < 0.05$ Limitations in the Analysis of Mean Differences of Two Groups). *Revista Portuguesa de Investigação Comportamental e Social*, 1(1), 3-16.

Falk, B., Lidor, R., Lander, Y., & Lang, B. (2004). Talent identification and early development of elite water-polo players: a 2-year follow-up study. *Journal of sports sciences*, 22(4), 347-355.

Ferragut, C., Villa, H., Abraldes, J. A., Argudo, F., Rodriguez, N., & Alcaraz, P. E. (2010). Relationship among maximal grip, throwing velocity and anthropometric parameters in elite water polo players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 50, 1-7.

Ferragut, C., Abraldes, J. A., Vila, H., Rodriguez, N., Argudo, F. M., & Fernandes, R. J. (2011). Anthropometry and throwing velocity in elite water polo by specific playing positions. *Journal of human kinetics*, 27(1), 31-44.

Hopkins, W. G. (2002). A scale of magnitudes for effect statistics. A new view of statistics [Internet]. 2002.[Access Sept 26, 2016].

Idrizović, K., Uljević, O., Ban, Đ., Spasić, M., & Rausavljević, N. (2013). Sport-specific and anthropometric factors of quality in junior male water polo players. *Collegium antropologicum*, 37(4), 1261-1266.

Jöris, H. J. J., Van Muyen, A. E., van Ingen Schenau, G. J., & Kemper, H. C. G. (1985). Force, velocity and energy flow during the overarm throw in female handball players. *Journal of biomechanics*, 18(6), 409-414.

Kamm, K., Thelen, E., & Jensen, J. L. (1990). A dynamical systems approach to motor development. *Physical therapy*, 70(12), 763-775.

Lamas, L., Barrera, J., Otranto, G., & Ugrinowitsch, C. (2014). Invasion team sports: strategy and match modeling. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14(1), 307-329.

Lozovina, M., Đurović, N., & Katić, R. (2009). Position specific morphological characteristics of elite water polo players. *Collegium antropologicum*, 33(3), 781-789.

Lusher, D., Robins, G., & Kremer, P. (2010). The application of social network analysis to team sports. *Measurement in physical education and exercise science*, 14(4), 211-224.

Martínez, J. G., Vila, M. H., Ferragut, C., Noguera, M. M., Abraldes, J. A., Rodríguez, N., ... & Alcaraz, P. E. (2015). Position-specific anthropometry and throwing velocity of

elite female water polo players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(2), 472-477.

McCluskey, L., Lynskey, S., Leung, C. K., Woodhouse, D., Briffa, K., & Hopper, D. (2010). Throwing velocity and jump height in female water polo players: Performance predictors. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(2), 236-240.

Noble, R., Tasaki, K., Noble, P. J., & Noble, D. (2019). Biological relativity requires circular causality but not symmetry of causation: so, where, what and when are the boundaries?. *Frontiers in physiology*, 10, 827.

Passos, P., Davids, K., Araújo, D., Paz, N., Minguéns, J., & Mendes, J. (2011). Networks as a novel tool for studying team ball sports as complex social systems. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14(2), 170-176.

Pol, R., Balagué, N., Ric, A., Torrents, C., Kiely, J., and Hristovski, R. (2020). Training or synergizing? Complex systems principles change the understanding of sport processes. *Sport. Med.* 6:28. doi: 10.1186/s40798-020-00256-9

Platanou, T. (2004). Time-motion analysis of international level water polo players. *Journal of Human Movement Studies*, 46(4), 319-332.

Platanou, T. (2005). On-water and dryland vertical jump in water polo players. *J Sports Med Phys Fitness*, 45(1), 26-31.

Platanou, T. (2006). Simple 'in-water' vertical jump testing in water polo. *Kinesiology*, 38(1.), 57-62.

Platanou, T., & Varamenti, E. (2011). Relationships between anthropometric and physiological characteristics with throwing velocity and on water jump of female water polo players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 51(2), 185.

Ribeiro, J., Silva, P., Duarte, R., Davids, K., & Garganta, J. (2017). Team sports performance analysed through the lens of social network theory: implications for research and practice. *Sports medicine*, 47(9), 1689-1696.

Sanders, R. H. (1999). A model of kinematic variables determining height achieved in water polo boosts. *Journal of Applied Biomechanics*, 15(3), 270-283.

Sarmiento, P. (1995). O ensino do Pólo Aquático. *O ensino dos jogos desportivos*, 201-218.

Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of sports sciences*, 24(9), 919-932.

Silva, L. M., Giuliano, A. F., & de Souza Castro, F. A. (2016). Ensino, aprendizagem e avaliação da técnica do eggbeater em aulas de natação. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 24(2), 138-145.

- Skoufas, D., Stefanidis, P., Michailidis, C., Hatzikotoulas, K., Kotzamanidou, M., & Bassa, E. (2003). The effect of handball training with underweighted balls on the throwing velocity of novice handball players. *Journal of human movement studies*, 44(2), 157-171.
- Smith, H. K. (1991, May). Physiological fitness and energy demands of water polo; time-motion analysis of field players and goaltenders. In *Proceedings of the Federation Internationale de Natation Amateur (FINA) First World Water Polo Coaches seminar* (pp. 183-207).
- Smith, H. K. (1998). Applied physiology of water polo. *Sports medicine*, 26(5), 317-334.
- Tan, F. H., Polglaze, T., Dawson, B., & Cox, G. (2009). Anthropometric and fitness characteristics of elite Australian female water polo players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(5), 1530-1536.
- Tarasov, V. E. (2019). Self-organization with memory. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 72, 240-271.
- Tsekouras, Y. E., Kavouras, S. A., Campagna, A., Kotsis, Y. P., Syntosi, S. S., Papazoglou, K., & Sidossis, L. S. (2005). The anthropometrical and physiological characteristics of elite water polo players. *European journal of applied physiology*, 95(1), 35-41.
- Tucher, G., Castro, F. A. D. S., Silva, S. D. M. D. Q., Garrido, N., Cabral, R. G., & Silva, A. J. (2014). Relação entre a origem do arremesso e a ocorrência do gol em competição no polo aquático masculino. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 16(2), 136-143.
- Tucher, G., de Souza Castro, F. A., da Silva, A. J. R. M., & Garrido, N. D. (2015). The functional test for agility performance is a reliable quick decision-making test for skilled water polo players. *Journal of human kinetics*, 46, 157.
- Van der Wende, K. (2005). The effects of game-specific task constraints on the outcome of the water polo shot. *Faculty of Health and Environmental Science. Auckland University of Technology. New Zealand.*
- Van Muijen, A. E., Joris, H., Kemper, H. C., & Van Ingen Schenau, G. J. (1991). Throwing practice with different ball weights: Effects on throwing velocity and muscle strength in female handball players. *Research in Sports Medicine: An International Journal*, 2(2), 103-113.
- Vila, H., Ferragut, C., Argudo, F. M., Abrales, J. A., Rodríguez, N., & Alacid, F. (2009). Relationship between anthropometric parameters and throwing velocity in water polo players. *Journal of Human Sport and Exercise*, 4(1), 57-68.
- Veale, J. P., Pearce, A. J., & Carlson, J. S. (2010). Reliability and validity of a reactive agility test for Australian football. *International journal of sports physiology and performance*, 5(2), 239-248.

Winter, E. M., Eston, R. G., & Lamb, K. L. (2001). Statistical analyses in the physiology of exercise and kinanthropometry. *Journal of sports sciences*, 19(10), 761-775.

Zinner, C., Sperlich, B., Krueger, M., Focke, T., Reed, J., & Mester, J. (2015). Strength, Endurance, Throwing Velocity and in-Water Jump Performance of Elite German Water Polo Players. *Journal of Human Kinetics*, 45, 149.

ANEXO 01

Matriz de Pesos

G1									
Variáveis	1	2	3	4	5	6	7	8	9
IDA (1)	0,00								
MAS (2)	0,18	0,00							
EST (3)	-0,34	0,28	0,00						
ENV (4)	0,37	0,18	0,80	0,00					
EXP (5)	0,32	0,12	-0,11	0,00	0,00				
POS (6)	-0,64	-0,22	-0,39	0,66	0,44	0,00			
IMPV (7)	-0,43	-0,29	0,00	0,37	0,61	-0,80	0,00		
AGIL (8)	0,00	0,00	0,33	-0,36	0,34	0,23	-0,10	0,00	
VEL (9)	-0,25	0,46	-0,22	0,00	-0,07	0,13	0,23	-0,13	0,00

G2									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
IDA (1)	0,00								
MAS (2)	0,00	0,00							
EST (3)	0,00	0,00	0,00						
ENV (4)	0,00	0,23	0,66	0,00					
EXP (5)	0,65	0,13	0,00	0,00	0,00				
POS (6)	-0,10	-0,01	0,00	-0,32	-0,16	0,00			
IMPV (7)	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00		
AGIL (8)	-0,02	0,14	0,00	-0,11	-0,03	0,00	-0,26	0,00	
VEL (9)	-0,19	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00

IDA (idade), MAS (massa corporal total), EST (estatura), ENV (envergadura), EXP (experiência), POS (posição tática), IMPV (impulsão vertical), AGIL (agilidade) e VEL (velocidade da bola).

CIP - Catalogação na Publicação

Machado Vasques, Dieisson
Análise de redes no polo aquático: antropometria,
posição tática e parâmetros de desempenho / Dieisson
Machado Vasques. -- 2021.
49 f.
Orientador: Flávio Antônio de Souza Castro.

Coorientador: Guilherme Tucher.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Escola de Educação Física, Programa
de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano,
Porto Alegre, BR-RS, 2021.

1. polo aquático. 2. análise de redes. 3.
desempenho. 4. avaliação. 5. esporte aquático. I.
Antônio de Souza Castro, Flávio, orient. II. Tucher,
Guilherme, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).