

ANÁLISE DA CENTRALIDADE GRAU PONDERADO EM CENÁRIOS DE SUCESSO E INSUCESSO NA TEMPORADA 2022/2023 DA SUPERLIGA A DO VOLEIBOL FEMININO: ABORDAGEM POR MODELO DE REDES COMPLEXAS

Palavras-Chave: Voleibol, Análise de Desempenho, Redes Complexas

Autores(as):

Michaela Baldin, FCA – UNICAMP

Profa. Dra. Fúlvia de Barros Manchado Gobatto, FCA – UNICAMP

Prof. Dr. Claudio Alexandre Gobatto, FCA – UNICAMP

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, as seleções brasileiras de voleibol vêm mantendo cenário de conquista. À exemplo, a seleção feminina da modalidade encontra-se na terceira colocação no *ranking* mundial da *Fédération Internationale de Volleyball (FIVB, 2024b)*, e a masculina, na quinta posição (*FIVB, 2024a*). É importante mencionar que para a realização dessa classificação, a FIVB utiliza os resultados de competições a nível mundial, por exemplo os Jogos Olímpicos e a Liga das Nações de Voleibol (VNL) para gerar o *ranking* que é disponibilizado no *site*. No Brasil, a principal competição de voleibol existente é a Superliga, que ao longo de sua temporada, também disponibiliza a classificação dos clubes e a estatística dos atletas, composta por informações quantitativas sobre saque, ataque, bloqueio e recepção (CBV, 2023)

Essas ações dos jogadores são obtidas a partir de uma descrição da partida por meio de análise (Garganta, 2001), que podem ter diferentes objetivos como, definir indicadores de desempenho (Haiachi *et al.*, 2014) e o nível de desempenho de equipes (Porath *et al.*, 2016), dentre outras informações para a modalidade. Esses escores são utilizados por treinadores e comissão técnica objetivando melhorar a prescrição do treinamento, analisar os resultados decorrentes e adequar tais elementos na periodização (Souza, 2020). Contudo, esses indicadores não apontam quais ações impactaram de modo mais influente na vitória de um time.

Nos últimos anos, várias técnicas analíticas desenvolvidas e aperfeiçoadas para aumentar a eficiência e sensibilidade dessa análise de dados (Toledo, Ferreira e Brazil, 2014). À exemplo é possível mencionar o modelo de redes complexas, que tem como objetivo investigar a conexão (arestas) entre parâmetros (nós), destacando aqueles que apresentarem uma maior relevância (Costa *et al.*, 2007; Gobatto *et al.*, 2020; Breda *et al.*, 2022; Manchado-Gobatto *et al.*, 2022). Essa abordagem computacional vem sendo utilizada em diferentes áreas da ciência, inclusive em contexto físico e esportivo. No voleibol, esse tipo de análise começou a ser utilizada para identificar quais parâmetros podem ter influência em uma partida, principalmente no alto rendimento, como observado no estudo de Rocha *et al.* (2023). Nesse caso, utilizando os jogos do Campeonato Mundial de Voleibol Masculino, os autores conduziram análise de rede global para averiguar quais variáveis poderiam ser mais exploradas na fase ofensiva, evidenciando a importância do ataque potente, para redução no tempo de organização da defesa do adversário.

Apesar desses avanços, uma lacuna importante na literatura e no âmbito esportivo é a inexistência da aplicação de redes complexas para análise de cenários de sucesso e insucesso de equipes em uma mesma temporada competitiva, considerando a interação de ações de um mesmo atleta realizando séries de eventos técnicos ao longo de uma jornada competitiva, ponderando, por meio de regressões lineares, diferentes parâmetros relacionados aos fundamentos da modalidade. Nesse sentido, o presente estudo objetivou, por meio do modelo de redes complexas, identificar métrica de centralidade em diferentes cenários de desempenho (sucesso e insucesso) na modalidade voleibol feminino, em uma temporada da Superliga A (2022/2023). Essas análises foram baseadas em dados de desempenho das equipes ao longo do campeonato, por meio dos escores relacionados aos aspectos técnicos, como o número total de pontos, pontos por set, ataques, ataques por set, bloqueios, bloqueio por set, saques, saques por

set, recepção total, positividade da recepção e quantidade de sets, assim como os parâmetros biométricos das atletas (estatura e massa corporal) e posições táticas das atletas.

2. OBJETIVOS

De modo geral, o presente estudo objetivou investigar a métrica de centralidade grau ponderado, retornada do modelo de redes complexas, nos cenários de sucesso (equipes campeã e vice-campeã da Superliga feminina) e insucesso (equipes em última e penúltima colocação) em uma temporada da Superliga A (2022/2023). Assim, o estudo buscou identificar os fundamentos técnicos e biométricos que geraram maior centralidade nesses dois diferentes contextos.

Especificamente, foram objetivos da pesquisa:

- Analisar, por meio de redes complexas, qual dos parâmetros obtidos pelos escores técnicos e biométricos ofereceu maior centralidade no cenário Sucesso na classificação da Superliga Feminina 2022/23, dentro das métricas usadas;
- Analisar, por meio de redes complexas, qual dos parâmetros obtidos pelos escores técnicos e biométricos ofereceu maior centralidade no cenário Insucesso na classificação da Superliga Feminina 2022/23, dentro das métricas usadas;
- Comparar o ranqueamento das diferentes métricas (grau ponderado) entre os cenários Sucesso e Insucesso;
- Verificar se esse modelo é sensível para identificar diferenças nos ranqueamentos de centralidade, entre os resultados de sucesso, bem como de insucesso na temporada.

3. METODOLOGIA

3.1. Amostra

Para esse estudo foram utilizados os dados que compõem o *scout* das atletas da Superliga A disponíveis na plataforma Data Project (<https://cbv-web.dataproject.com/CompetitionHome.aspx?ID=18>), da temporada de 2022/2023, sendo eles: a) Ponto Total, b) Ponto por Set, c) Ace Total; d) Ace por Set; e) Bloqueio Total; f) Bloqueio por Set; g) Recepção Total; h) Positividade de Recepção; i) Ataques Excelentes; j) Ataques Excelentes em relação ao Total e k) Sets. Adicionalmente, foram acessados dados sobre a caracterização das atletas e resultados biométricos, sendo ele: l) Posição na partida; m) Idade; n) Estatura e o) Massa corporal (kg), obtidos no site Volleybox (<https://women.volleybox.net/pt#:~:text=Confere%20o%20notici%C3%A1rio%20de%20voleibol,%20os>). Todos esses dados são disponibilizados por bases on-line, públicas e com livre acesso.

Tendo por base essas variáveis, foram gerados um total de 15 nós para a confecção das redes complexas. Para as análises do presente estudo, foram minerados dados de 4 equipes de voleibol da Superliga A (temporada 2022/2023), sendo as duas primeiras colocadas indicadas como cenário Sucesso e as duas últimas selecionadas para o cenário Insucesso. Por se tratarem de dados publicados, é possível efetuarmos a descrição das duas equipes alocadas no cenário de sucesso (Praia Clube e Gerdau Minas) e de Insucesso (São Caetano e ABEL Moda). No total, o presente estudo analisou escores individuais de 51 atletas pertencentes, portanto, aos times campeões e rebaixados na temporada.

3.2. Análise dos dados

Os dados foram tabulados, gerando uma planilha no *Excel*. Posteriormente, houve a aplicação do teste de normalidade *Shapiro Wilks*, que apresentou dados não normais. Após isso, os dados foram tratados por uma rotina especificamente construída em *R Studio*, que analisou as correlações a serem posteriormente consideradas na análise de métricas de centralidade retornadas pelas redes complexas, a partir das ponderações geradas por análises múltiplas de correlação de *Spearman* para gerar as redes complexas em 2 cenários diferentes: sucesso (entre as equipes campeãs) e Insucesso (entre as equipes rebaixadas).

A análise dos dois cenários selecionados foi realizada pelo modelo de redes complexas. Para isso, foram construídos grafos ponderados e não direcionados $G = (V, E, w)$, sendo que os vértices V representam os nós de interesse que, no presente estudo, corresponderam aos parâmetros selecionados nos *Scouts* das atletas, extraídos das competições. As arestas (E) representam as interações mediadas pelo valor de “ r ” estatisticamente significativa, obtidos das Correlações de *Spearman*, pois as amostras apresentaram o comportamento não normal, com $p \leq 0,05$. Por fim, w é peso das funções aplicadas (de 0 a 1). A métrica de centralidade investigada foi o grau ponderado (*Pondered Degree*) que, no contexto dessa análise complexa, representa o número de arestas de um nó que se conecta a outros nós (Newman, Glimm e Bhat, 2018). As análises computacionais por modelo de redes complexas foram efetuadas em software *Gephi* (versão 0.9.2), implementado em linguagem de programação JAVA.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente estudo buscou melhorar a compreensão sobre as variáveis presentes em partidas de voleibol que são determinantes para o sucesso e insucesso de equipes de voleibol feminino, tendo por base os *scouts* de todas as partidas da “Superliga A”, na temporada 2022/2023, a partir do modelo de redes complexas para identificação desses parâmetros. A tabela 1, apresenta os resultados descritivos dos *scouts* das atletas das posições de ponta, central, oposta e levantadoras, dos quatro times avaliados, separados nos cenários de “sucesso” e “insucesso” e, os valores obtidos no *teste-t student*.

Tabela 1. Caracterização da amostra nos cenários de sucesso e insucesso. Resultado do *teste-t student* não pareado com valor de significância de $p < 0,05$

Variáveis	Insucesso (n=27)	Sucesso (n=24)	P
Idade (anos)	25 ± 1	29 ± 1	0,02*
Estatura (cm)	182,4 ± 1,3	187,9 ± 1,2	<0,01*
Massa Corporal (kg)	75 ± 2	75 ± 1	0,98
Pontos-Total	77 ± 16	149 ± 28	0,03*
Pontos/Set	1 ± 0	2 ± 0	0,17
Aces-Total	4 ± 1	10 ± 2	<0,01*
Aces/Set (%)	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,04*
Bloqueio-Total	11 ± 2	25 ± 5	0,01*
Bloqueios/Set (%)	0,3 ± 0,0	0,3 ± 0,1	0,39
Passes-Total	48 ± 16	48 ± 21	0,99
Passes-Sucesso	18 ± 5	13 ± 5	0,44
Ataque-Total	61 ± 15	109 ± 23	0,09
Ataque-Sucesso (%)	25 ± 3	32 ± 4	0,17
Sets-Total	47 ± 5	66 ± 6	0,02*

*Valores que apresentaram diferença estatística significante ($p < 0,05$).

Nessa tabela, as variáveis que apresentaram diferença estatística significativa foram a idade ($p=0,02$), estatura (cm) ($p < 0,01$), pontos-total ($p=0,03$), aces-total ($p < 0,01$), ace-/set (%) ($p=0,04$), bloqueio-total ($p=0,01$) e sets-total ($p=0,02$), quando comparados os resultados de sucesso e insucesso. Destacamos que a posição de libero não entrou para essa análise por conta de sua principal característica, que é a especialização em defesa (João *et al.*, 2006). Assim, tais atletas não realizam ações ofensivas, ocasionando o resultado com pontuação 0 (zero) para os parâmetros relacionados.

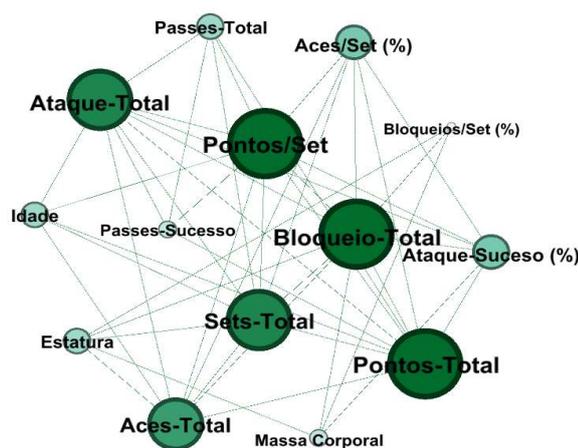


Figura 1. Grafo observado para a análise de centralidades referente à métrica grau ponderado, para o cenário de insucesso.

As variáveis apresentadas na tabela 1 foram utilizadas como nós para a realização das redes complexas, assim, gerando diferentes redes conforme a métrica utilizada. Na presente investigação, a métrica de centralidade grau foi a selecionada para a análise. Considerando a definição dessa métrica, quanto maior o número de conexões

de um nó com os demais, mais elevado é o tamanho do nó na representação do grafo. Nesse sentido, as figuras 1 e 2, apresentam, respectivamente, os grafos para o grau ponderado nos cenários de insucesso e sucesso.

No cenário de insucesso (figura 1), os nós referentes aos pontos-total, ponto/set e bloqueio foram os que apresentaram maior centralidade de acordo com métrica grau ponderado, com 10 conexões cada um, seguidos por ataque-total e set-total, com 9 conexões, aces-total, com 8, ace/set (%) e ataque-sucesso, com 6 conexões e idade com 5.

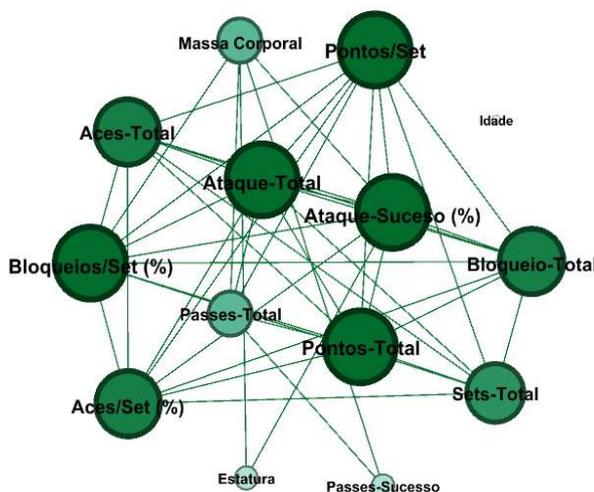


Figura 2. Grafo observado para a análise de centralidades referente à métrica grau ponderado, para o cenário de sucesso.

O cenário de sucesso, presente na figura 2, apresentou as variáveis de pontos-total, pontos/set, bloqueio/set (%), ataque-total e ataque-sucesso (%) com maior centralidade (9 conexões), seguidas por ace-total, ace/set (%), bloqueio-total (8 conexões), sendo esses os 6 nós mais relevantes nesse cenário. Contudo, quando observamos que o objetivo do jogo é completar o set e, para isso, é necessário realizar os pontos, foi realizado ranqueamento dos seis parâmetros que tiveram maior influência dentro do modelo da rede (i.e., os 6 primeiros colocados), sem considerar as variáveis pontos-total, ponto/set e sets-total. Os resultados obtidos em ambos os cenários estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Ranqueamento da métrica grau ponderado, nos cenários de insucesso e sucesso.

<i>Insucesso</i> <i>n=27</i>		<i>Sucesso</i> <i>n=24</i>	
<i>Pontos-Total</i>	10	<i>Pontos-Total</i>	9
<i>Pontos/Set</i>	10	<i>Pontos/Set</i>	9
<i>Bloqueio-Total</i>	10	<i>Bloqueios/Set (%)</i>	9
<i>Ataque-Total</i>	9	<i>Ataque-Total</i>	9
<i>Sets-Total</i>	9	<i>Ataque-Sucesso (%)</i>	9
<i>Aces-Total</i>	8	<i>Aces-Total</i>	8
<i>Aces/Set (%)</i>	6	<i>Aces/Set (%)</i>	8
<i>Ataque-Sucesso (%)</i>	6	<i>Bloqueio-Total</i>	8
<i>Idade</i>	5		

Ao observar essa tabela, nota-se que tanto ponto-total quanto ponto/set aparecem em ambos os cenários, sendo esse o principal objetivo em cada set. Já o set-total acaba aparecendo apenas na classificação do cenário de insucesso. As variáveis relacionadas as ações dentro de jogo, como o bloqueio, o ataque e o saque, apresentaram elevada centralidade, tanto no cenário de insucesso quanto no sucesso, sendo que os nós ace-total ($p > 0,01$), ace/set (%) ($p = 0,04$) e bloqueio-total ($p = 0,01$) foram também significativamente diferentes entre essas duas condições de

desempenho por análise de estática convencional. Por outro lado, as variáveis relacionadas ao ataque, principal ação de finalização em partidas de voleibol (Costa *et al.*, 2016), se destacaram como muito importantes em ambos os cenários de redes, mas não apresentam diferença estatística entre as equipes. Desse modo, podemos ressaltar que a principal diferença entre esses dois cenários é que, no caso do insucesso, apesar de constarem as três ações ofensivas, essas não apresentaram constância nos sets. Por outro lado, quando a análise é efetuada com as equipes de sucesso, há constância e eficiência, em especial em ações de ataque.

Outro nó que está destacado com importante centralidade para a métrica grau ponderado no cenário de insucesso (6º. nó com maior influência) é a idade das atletas. Entretanto, embora tenha sido observada diferença estatística quando esse dado é comparado entre as equipes de sucesso e insucesso por estatística convencional ($p=0,02$), a idade não apresentou conexão com nenhuma outra variável no cenário de sucesso. Esse achado pode ser explicado pelo estudo de Oliveira Castro *et al.* (2023), que investigou os efeitos da idade relativa (RAE), relacionada com a maturação biológica na Superliga feminina A e B. Não foram observados efeitos da idade (RAE) na Superliga feminina A, mas se mostraram presentes na Superliga Feminina B, apontando em sua discussão que esse efeito pode estar relacionado com a dinâmica no jogo feminino. O que poderia explicar a presença da idade como fator que teve influência dentro do cenário de insucesso, mas não no cenário de sucesso.

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos pelo presente estudo sugerem a existência de diferenças técnico-táticas entre equipes de insucesso e sucesso na temporada da Superliga Feminina de Voleibol Feminino 2023/2024, já por análises envolvendo a estatística convencional. A métrica de centralidade grau ponderado, retornada de modelos de redes complexas elaboradas para esses dois cenários, refinou a análise dos dados, exprimindo as diferenças entre as equipes vitoriosas ou não, de modo mais integrado. Nossos achados sinalizam que, por meio do modelo computacional de redes complexas, o bloqueio foi o nó que mais se destacou no cenário de insucesso. Já no cenário de sucesso, as ações ofensivas ataque, bloqueio e saque foram as que mais apresentaram centralidade, indicando frequência e eficiência ao longo dos sets, em especial no que se refere ao ataque. Assim, esse modelo de análise possibilitou a visualização da interação das ações do jogo e os parâmetros que apresentaram influência nos cenários. Por fim, essas informações podem contribuir para treinadores elaborarem suas periodizações com enfoque em parâmetros que representem maior importância para obtenção de sucesso. Ainda, as análises apresentadas sinalizam a possibilidade de estudos sobre equipes adversárias.

6. BIBLIOGRAFIA

- BREDA, F. L. *et al.* Complex networks analysis reinforces centrality hematological role on aerobic–anaerobic performances of the Brazilian Paralympic endurance team after altitude training. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 1148, 21 jan. 2022.
- CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE VOLEIBOL. **Confederação Brasileira de Voleibol**. Disponível em: <<https://cbv.com.br/superliga/tabela/>>. Acesso em: 13 abr. 2024.
- COSTA, G. D. C. T. *et al.* Determinantes táticas do jogo praticado pelo atacante central no voleibol masculino. **Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance**, v. 18, n. 3, p. 371, 14 jul. 2016.
- COSTA, L. D. A. *et al.* Characterization of complex networks: A survey of measurements. **Advances in Physics**, v. 56, n. 1, p. 167–242, jan. 2007.
- FÉDÉRATION INTERNATIONALE DE VOLLEYBALL. **FIVB Men's Volleyball World Ranking**. Disponível em: <<https://en.volleyballworld.com/volleyball/world-ranking/men/>>. Acesso em: 12 abr. 2024a.
- FÉDÉRATION INTERNATIONALE DE VOLLEYBALL. **FIVB Women's Volleyball World Ranking**. Disponível em: <<https://en.volleyballworld.com/volleyball/world-ranking/women/>>. Acesso em: 10 abr. 2024b.
- GARGANTA, J. A análise da performance nos jogos desportivos. Revisão acerca da análise do jogo. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 2001, n. 1, p. 57–64, 2001.
- GOBATO, C. A. *et al.* Corresponding Assessment Scenarios in Laboratory and on-Court Tests: Centrality Measurements by Complex Networks Analysis in Young Basketball Players. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 8620, 25 maio 2020.
- HAIACHI, M. D. C. *et al.* Indicadores de desempenho no voleibol sentado. **Revista da Educação Física/UEM**, v. 25, n. 3, p. 335, 3 out. 2014.
- JOÃO, P. V. *et al.* Análise comparativa entre o jogador libero e os recebedores prioritários na organização ofensiva, a partir da recepção ao serviço, em voleibol. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, p. 318–328, 2006.
- MANCHADO-GOBATO, F. B. *et al.* Complex Network Model Reveals the Impact of Inspiratory Muscle Pre-Activation on Interactions among Physiological Responses and Muscle Oxygenation during Running and Passive Recovery. **Biology**, v. 11, n. 7, p. 963, 25 jun. 2022.
- NEWMAN, S. A.; GLIMM, T.; BHAT, R. The vertebrate limb: An evolving complex of self-organizing systems. **Progress in Biophysics and Molecular Biology**, v. 137, p. 12–24, set. 2018.
- OLIVEIRA CASTRO, H. DE *et al.* The Relative Age Effect in Male and Female Brazilian Elite Volleyball Athletes of Varied Competitive Levels. **Perceptual and Motor Skills**, v. 130, n. 1, p. 485–496, 13 fev. 2023.
- PORATH, M. *et al.* Nível de Desempenho Técnico-Tático das Equipes de Voleibol em Escalões de Formação. **Motricidade**, v. 12, n. 2, p. 8, 13 out. 2016.
- ROCHA, A. C. R. *et al.* Inter e intra-variability of the best ranked teams: A network analysis in male high-level volleyball. **PLOS ONE**, v. 18, n. 2, p. e0280365, 2 fev. 2023.
- SOUZA, F. A. DE L. E. Análise do desempenho nas ações de saque, ataque e bloqueio em diferentes fases da Superliga Brasileira Masculina de Voleibol. 2020.
- TOLEDO, H. C.; FERREIRA, G. N. P.; BRAZIL, G. P. P. Desenvolvimento da Análise de Desempenho Esportivo no Voleibol de Alto Rendimento no Contexto da Gestão do Conhecimento. **Podium Sport, Leisure and Tourism Review**, v. 03, n. 03, p. 25–35, 1 dez. 2014.
- VOLEIBOL, C. B. **Data Project**. Disponível em: <<https://cbv-web.dataproject.com/CompetitionHome.aspx?ID=18>>. Acesso em: 27 abr. 2024.
- VOLLEYBALL NATIONS LEAGUE. **Estátística das Finais**. Disponível em: <<https://pt.volleyballworld.com/volleyball/competitions/volleyball-nations-league/2023/finals-statistics/>>. Acesso em: 13 abr. 2024.
- VOLLEYBOX. **Volleybox**. Disponível em: <<https://women.volleybox.net/pt/~:text=Confere%20o%20notici%C3%A1rio%20de%20voleibol,%20os>>.