



COMPARAÇÃO DE MODELOS DE CLASSIFICAÇÃO PARA PREDIÇÃO DA PONTUAÇÃO DO GIRO NO EIXO DO ZOUK BRASILEIRO A PARTIR DE DADOS CINEMÁTICOS

Ana Carolina Navarro^[0000-0002-9424-0181], PEB/COPPE/UFRJ, carolnavarro@peb.ufrj.br
Luciano Luporini Menegaldo^[0000-0002-5855-4650], PEB/COPPE/UFRJ, lmeneg@peb.ufrj.br

Resumo. O Zouk Brasileiro é uma modalidade de Dança à Dois que têm ganhado notoriedade ao longo dos últimos anos. No que diz respeito ao julgamento das competições dessa modalidade, diversos fatores contribuem para a nota final dos competidores. Essa pesquisa objetivou avaliar a possibilidade de prever a pontuação do movimento de Giro no Eixo por meio de métodos de aprendizado de máquina. A amostra inicial ($n = 32$) foi composta de dados cinemáticos que foram obtidos por meio do sistema OptiTrack e processados no software Visual 3D. As melhores tentativas receberam a nota 1, enquanto as piores tentativas receberam a nota 0. Os dados foram normalizados entre 0 e 1 e os modelos SVM e MLP foram construídos com diferentes treinamentos e avaliados por meio de matrizes de confusão. O presente estudo demonstrou a possibilidade de avaliar o movimento de Giro no Eixo do Zouk Brasileiro a partir do aprendizado de máquina. Os modelos SVM com kernel sigmoideal, gamma igual a dois e custo igual a 10 e MLP com 100 épocas demonstraram uma maior capacidade de avaliar o movimento. Sugere-se a replicação desse estudo com um número maior de casais, para que os resultados possam ser extrapolados.

Palavras chave: Dança. Zouk Brasileiro. Redes Neurais Artificiais. Cinemática. Biomecânica.

1. INTRODUÇÃO

Devido ao seu crescimento exponencial, as tecnologias digitais modernas estão amplamente inseridas em nosso cotidiano. Nesse contexto, afirma-se que o desenvolvimento de inteligências artificiais está associado às técnicas de aprendizado de máquina. Exemplificando sua aplicação, é possível dizer que por meio de tais técnicas é possível desenvolver o reconhecimento de padrões, realizar previsões, otimizar sistemas e agrupar dados (SILVA et. al, 2010).

Dentro desse campo, as Redes Neurais Artificiais podem ser descritas como modelos matemáticos computacionais que possuem componentes estruturais inspirados nos neurônios biológicos. Suas diversas arquiteturas estão relacionadas com a forma de organização dos neurônios e os diferentes métodos utilizados para construção das redes estão associados ao problema que se pretende resolver. No caso de problemas de classificação supervisionado, nos quais objetiva-se prever a classe de uma observação rotulada e estimar um classificador que possa rotular novos dados, as técnicas multilayer perceptron (MLP) e support vector machine (SVM) são amplamente utilizadas.

Apesar de serem amplamente utilizadas em outras áreas, a aplicação de redes neurais para avaliação de gestos ainda é rara, principalmente quando se trata do campo da dança (RAHMAHWATI, 2017). Quando aplicadas a estudos biomecânicos e relacionadas a sensores cinemáticos, tais técnicas poderiam fornecer avaliações rápidas, baratas e confiáveis a respeito do desempenho dos bailarinos e de atletas.



Figura 1. Movimento de Giro no Eixo. Fonte: Imagem adquirida no Centro de Estudos do Movimento (CEMOV).



Com origem na Lambada, o Zouk Brasileiro é uma técnica de dança de salão que tem demonstrado crescimento nos últimos anos. Esse fato é evidenciado pela criação do Brazilian Zouk Council, responsável por regulamentar e monitorar os congressos e competições, além de ranquear internacionalmente os competidores (BZDC, 2022). Apesar da crescente demanda para que os praticantes de dança sejam capazes de realizar todos os movimentos com alta precisão, a avaliação de tais gestos ainda é subjetiva. Alguns dos critérios utilizados no julgamento é a técnica expressiva, a intensidade e a complexidade das combinações de movimentos, atreladas às diferentes condições de apoios, equilíbrios e controle postural (NAVARRO et al., 2000).

Uma vez que a literatura científica carece de estudos sobre a aplicação de técnicas de aprendizado de máquina no julgamento de gestos na dança, em que um maior número de evidências poderia tornar possível uma avaliação impessoal, o objetivo deste estudo foi verificar a possibilidade de classificar o movimento de Giro no Eixo por meio de Redes Neurais Multilayer Perceptron e Support Vector Machine. Espera-se que estes resultados, somados a futuras investigações acerca desta aplicação, possibilite aos bailarinos e competidores avaliações mais precisas a respeito de sua técnica.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Participaram deste estudo quatro casais, com cinco anos de prática de dança em Zouk Brasileiro e 15 horas/semana de treinamento. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Rio de Janeiro (CAAE: 31957420.6.0000.5257) e os dados foram coletados no Centro de Estudos do Movimento (CEMOV), situado na Vila Olímpica da Mangueira (em parceria entre o Instituto Nacional de Tecnologia e o Instituto Mangueira do Futuro, Rio de Janeiro - RJ).

Os casais realizaram o movimento de Giro no Eixo com quatro posições de cabeça diferentes para a bailarina conduzida, sendo elas: olhar para o teto, olhar para a diagonal esquerda baixa, marcando o olhar no condutor e marcando o olhar no público. Cada dupla realizou três tentativas para cada uma das posições de cabeça e a ordem das posições foi randomizada. Entre as três tentativas realizadas para cada posição de cabeça, a melhor (nota 1) e a pior (nota 0) tentativas foram selecionadas para serem analisadas. O julgamento se deu pela maioria dos votos de uma banca composta por três juízes e os dois bailarinos que realizaram o movimento. Assim, a amostra final foi composta por 32 observações, onde houveram oito observações para cada um dos sujeitos, oito observações para cada uma das posições, 16 tentativas classificadas como melhores e 16 tentativas classificadas como piores.

Os dados cinemáticos foram coletados e digitalizados por meio de um sistema OptiTrack com 18 câmeras e processados usando o software Visual 3D (Figura 2). Ângulos médios das articulações, posição do centro de massa, velocidade, aceleração e respectivos desvios padrão resultaram em 100 variáveis cinemáticas.



Figura 2. Coleta do movimento de Giro no Eixo com posição de cabeça na diagonal esquerda baixa.

Fonte: Imagem adquirida no Centro de Estudos do Movimento (CEMOV).

O software R foi utilizado para análise exploratória e criação dos modelos de classificação. Os dados foram normalizados para valores entre zero e um por meio da função “normalizeData” da biblioteca RSNNS e organizados em uma tabela. Em seguida, eles foram separados em dois conjuntos, sendo eles treinamento (70%) e teste (30%). Após essa etapa, foram construídos os modelos de classificação por meio de aprendizado de máquina. As técnicas Support



Vector Machines (SVM) e Multilayer Perceptron (MLP) foram utilizadas como algoritmos de classificação de aprendizado supervisionado executados no R.

O modelo SVM se apresenta com uma alternativa viável para dados que não são linearmente separáveis. Mediante a utilização de diferentes funções kernel é possível aumentar a dimensionalidade dos dados e separá-los em um espaço de n -dimensões por meio de um hiperplano ótimo que maximiza a distância entre as duas classes (HAYKIN, 2007). Utilizando a biblioteca “e1071” foram construídos quatro modelos com as seguintes funções kernel: linear, radial, polinomial e sigmoide. Inicialmente, todos eles foram treinados com valor do parâmetro gamma e do custo igual a um. Os modelos foram avaliados por meio de matrizes de confusão e, após essa etapa, os melhores valores para ambos os parâmetros foram calculados por meio da função “tune”. Por fim, as redes foram treinadas e avaliadas novamente com os novos valores de gamma e custo.

Por sua vez, a MLP é um método no qual a rede é estruturada em camadas interligadas. O algoritmo utilizado para o seu treinamento é o backpropagation, no qual a inteligência é baseada na aprendizagem por correção dos erros. Tratando-se de um aprendizado supervisionado, a atualização dos pesos se dá a partir do cálculo dos gradientes, associados ao erro de classificação de cada época de treinamento. Nesse trabalho, as redes MLP foram construídas com 1, 5 e 9 neurônios na camada escondida por meio da biblioteca “nnet”. O número máximo de interações foi definido com dois valores, sendo eles 10 e 100. Além disso, também foram construídas redes (Figura 3) por meio da biblioteca “RSNNS” com 1, 10 e 100 neurônios na camada escondida e 10, 100 e 1000 épocas de treinamento, respectivamente.

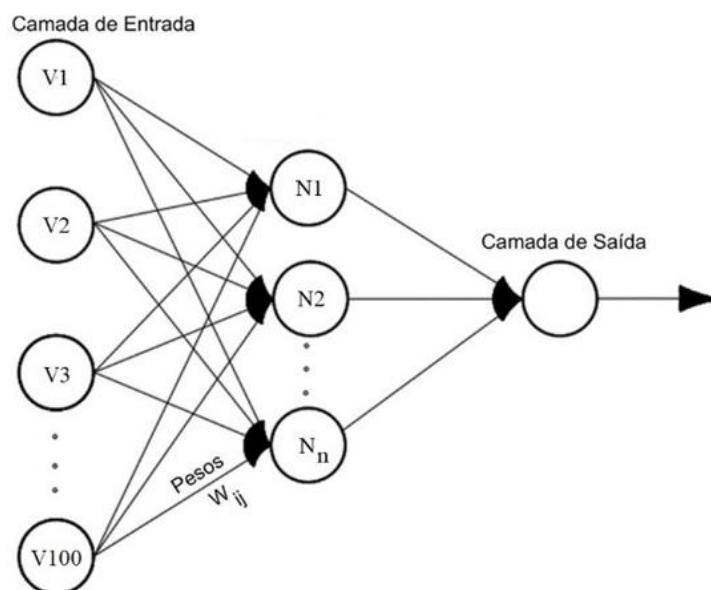


Figura 3. Arquitetura da rede neural MLP.

Nenhuma seleção de características foi aplicada previamente aos dados e o desempenho dos modelos de classificação foi avaliado por Matrizes de Confusão e cálculo de acurácia, sensibilidade e especificidade.

3. RESULTADOS

Os resultados obtidos por meio da técnica Support Vector Machine podem ser observados na Tabela 1 e na Figura 4.

Tabela 1. Resultados dos treinamentos da rede SVM.

Kernel	Nº de VS	C	γ	Acurácia	Sens.	Esp.
Linear	20	1,0	1,0	0,625	0,50	0,75
Linear	21	0,1	0,5	0,750	0,50	1,00
Radial	24	1,0	1,0	0,625	1,00	0,25
Radial	24	0,1	0,5	0,750	0,00	1,00
Polinomial	24	1,0	1,0	0,625	1,00	0,25
Polinomial	24	0,1	0,5	0,625	0,60	0,66
Sigmoidal	24	1,0	1,0	0,625	1,00	0,25
Sigmoidal	17	10	2,0	0,750	0,75	0,75

Linear (C = 1 e G = 1)				Linear (C = 0,1 e G = 0,5)			
		Valor Predito				Valor Predito	
		M	P			M	P
Real	M	2	2	Real	M	2	2
	P	1	3		P	0	4

Radial (C = 1 e G = 1)				Radial (C = 0,1 e G = 0,5)			
		Valor Predito				Valor Predito	
		M	P			M	P
Real	M	4	0	Real	Sim	0	4
	P	3	1		Não	0	4

Polinomial (C = 1 e G = 1)				Polinomial (C = 0,1 e G = 0,5)			
		Valor Predito				Valor Predito	
		M	P			M	P
Real	M	4	0	Real	M	3	1
	P	3	1		P	2	2

Sigmoidal (C = 1 e G = 1)				Sigmoidal (C = 10 e G = 2)			
		Valor Predito				Valor Predito	
		M	P			M	P
Real	M	4	0	Real	M	3	1
	P	3	1		P	1	3

Figura 4. Matrizes de confusão da rede SVM.

Os resultados obtidos por meio da técnica Multilayer Perceptron na biblioneta “nnet” podem ser observados na Tabela 2 e na Figura 5.

Tabela 2. Resultados dos treinamentos da rede MLP, biblioteca “nnet”.

Nº de neurônios	Nº de Épocas	Acurácia	Sens.	Esp.
1	10	0,625	1	0,25
1	100	0,75	0,75	0,75
5	10	0,625	0,5	0,75
5	100	0,75	0,75	0,75
9	10	0,5	0,75	0,25
9	100	0,75	0,75	0,75

1 neurônio e 10 épocas				1 neurônio e 100 épocas			
		Valor Predito				Valor Predito	
		M	P			M	P
Real	M	4	0	Real	M	3	1
	P	3	1		P	1	3

5 neurônios e 10 épocas				5 neurônios e 100 épocas			
		Valor Predito				Valor Predito	
		M	P			M	P
Real	M	3	1	Real	M	3	1
	P	2	2		P	1	3

9 neurônios e 10 épocas				9 neurônios e 100 épocas			
		Valor Predito				Valor Predito	
		M	P			M	P
Real	M	3	1	Real	M	3	1
	P	3	1		P	1	3

Figura 5. Matrizes de confusão da rede MLP, biblioteca “nnet”.

Os resultados obtidos por meio da técnica Multilayer Perceptron na biblioneta “RSNNS” podem ser observados na Tabela 3 e na Figura 6.

Tabela 3. Resultados dos treinamentos da rede MLP, biblioteca “RSNNS”.

Nº de neurônios	Nº de Épocas	Acurácia	Sens.	Esp.
1	10	0,625	0,25	1,00
10	100	0,625	0,50	0,75
100	1000	0,625	0,50	0,75

1 neurônio e 10 épocas de treinamento			
		Valor Predito	
		M	P
Real	M	1	3
	P	0	4

10 neurônios e 100 épocas de treinamento			
		Valor Predito	
		M	P
Real	M	2	2
	P	1	3

100 neurônios e 1000 épocas de treinamento			
		Valor Predito	
		M	P
Real	M	2	2
	P	1	3

Figura 6. Matrizes de confusão da rede MLP, biblioteca “RSNNS”.

4. DISCUSSÃO

A Rede Neural construída pelo método SVM treinada com kernel sigmoidal, parâmetro gamma igual a dois e custo igual a dez apresentou resultados semelhantes as Redes Neurais construídas pelo método MLP (nnet) com um, cinco e nove neurônios na camada escondida e 100 épocas de treinamento. Estas redes demonstraram uma maior capacidade de classificar corretamente o movimento do Giro no Eixo a partir de dados cinemáticos.

Quando comparados os diferentes treinamentos da rede SVM, a rede com kernel sigmoidal, parâmetro gamma igual a dois e custo igual a dez apresentou valores mais satisfatórios para a classificação do que os demais treinamentos utilizados neste método.

Já no caso das redes MLP, as arquiteturas com um, cinco ou nove neurônios na camada escondida construídas por meio da biblioteca “nnet” apresentaram resultados semelhantes quando o treinamento era realizado com 100 épocas. Ao diminuirmos o número de épocas, observou-se resultados distintos para as três arquiteturas, tendo as redes com um e cinco neurônio apresentando uma acurácia maior do que a rede com nove neurônios na camada escondida. Por sua vez, as redes construídas por meio da biblioteca “RSNNS” apresentaram resultados menos satisfatórios do que as redes construídas pela biblioteca “nnet”.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo demonstra a possibilidade de avaliar o movimento de Giro no Eixo do Zouk Brasileiro a partir de metodologias desenvolvidas no aprendizado de máquina. Apesar dos modelos SVM com kernel sigmoidal, gamma igual a dois e custo igual a 10 e MLP (nnet) com 100 épocas terem demonstrado uma maior capacidade de avaliar o movimento, cabe destacar que não foram aplicadas técnicas para lidar com o pequeno número da amostra ou técnicas de seleção de variáveis. Por isso, devido às limitações de uma amostra reduzida, sugere-se a replicação desse estudo com um número maior de casais, para que os resultados possam ser extrapolados.

6. REFERÊNCIAS

BZDC at <https://www.brazilianzoukcouncil.com>

HAYKIN, S. (2007). Redes neurais: princípios e prática. [S.l.]: Bookman Editora, 2007.



- MOTTA, M. (2006) Teoria Fundamentos da Dança: uma abordagem epistemológica À luz da Teoria das Estranhezas. UFF, Niterói
- NAVARRO, A. et al. (2020) Comparison Between the Passé and Coupé Positions in the Single Leg Turn Movement in a Brazilian Zouk Practitioner: a Pilot Study. Anais do XXVII Brazilian Congress in Biomedical Engineering.
- NAVARRO, A. et al. (2020) Análise Cinemática do Giro no Eixo em Bailarina Profissional de Zouk Brasileiro: estudo piloto Anais do XXVII Brazilian Congress in Biomedical Engineering.
- NAVARRO, A. et al. (2020) Análise Biomecânica do Movimento de Giro no Eixo em Competidores Profissionais de Zouk Brasileiro. Programa de Engenharia Biomédica, Rio de Janeiro.
- RAHMAHWATI, F. (2017) DEVELOPING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK BASED ON VISUAL STUDIO FOR DANCE ASSESSMENT, Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, v. 2, n 04.
- SILVA, I.; SPATTI, D.; FLAUZINO, R. (2010), Redes neurais artificiais: para engenharia e ciências aplicadas. [S.l.]: Artliber, 2010

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPERJ, CNPQ FINEP pelo financiamento desta pesquisa. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Além disso, os autores agradecem ao Instituto Manguera do Futuro pelo apoio atlético.

8. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

O(s) autor(es) é (são) os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.