

Modelagem de Padrões de Jogadas de *Poker* via Inteligência Computacional

Max Wilson Ramos Filho*, Rogerio Martins Gomes, Bruno Andre Santos, and Raíssa Cristina Corrêa Dutra

Departamento de Engenharia de Computação - CEFET-MG,
Belo Horizonte, MG, Brasil
maxwrf@gmail.com, rogerio@lsi.cefetmg.br, bruno@decom.cefetmg.br, dutra.raissac@gmail.com
<http://www.decom.cefetmg.br>

Abstract. O presente artigo propõe a modelagem de dois sistemas, *Neurofuzzy* e baseados em Redes Neurais Artificiais, que emulam jogadas de *Poker*, da modalidade *Texas Hold'em No Limit*, realizadas por um jogador real, com a finalidade de se obter um sistema computacional com operação *offline* que possa auxiliar na tomada de decisões de jogadas mais lucrativas. Os sistemas desenvolvidos foram comparados a quatro tipos de jogadores em um ambiente real de jogo durante 500 rodadas de teste. Os resultados obtidos demonstraram que o sistema *Neurofuzzy* foi o mais rentável, obtendo um lucro de 272,5% em relação ao valor inicial investido, seguido das Redes Neurais Artificiais com um lucro de 244,5%. Em todos os casos, os resultados dos modelos propostos foram superiores aos apresentados pelos quatro jogadores da literatura utilizados como modelos.

Keywords: *Poker*, *Texas Hold'em*, ANFIS, Redes Neurais Artificiais

1 Introdução

O *Poker* pode ser disputado em várias modalidades que se diferenciam, basicamente, em relação ao tipo de aposta, *Limit*, *Pot limit* e *No Limit*, e na forma de disputa, que pode ser torneio ou *cash/ring game* [1].

Diversos autores têm se dedicado à tarefa de modelagem deste jogo [2]. Forbeck [3] utilizou o método *Fuzzy Sugeno* para desenvolver uma ferramenta de auxílio na tomada de decisão, bem como no entendimento e aprendizado da modalidade *5-Cards Draw* do jogo *Poker*, no qual a saída numérica obtida expressa a força das combinações das cartas.

Junior et al. [4] desenvolveram um agente tomador de decisões para o jogo de *Poker* utilizando o modelo Mamdani jogada na forma de torneio e em *Heads Up* (apenas um jogador contra outro). Para a modelagem deste agente, os autores

* Os autores gostariam de agradecer ao CEFET-MG e as agências de fomento CAPES, CNPq e FAPEMIG.

utilizaram fatores importantes do jogo, tais como: estágio do jogo, posição do jogador na mesa, ação do oponente, quantidade de fichas restantes, valor das apostas e força da mão. Além disso, foram definidos quatro estágios de jogadas: *Pré-Flop*, *Flop*, *Turn* e *River*. As posições dos jogadores, por sua vez, foram especificadas como *Dealer* e *Big Blind*, enquanto as ações dos jogadores foram evidenciadas como: *Fold*, *Call*, *Raise* e *All In*. Para se verificar a eficiência do tomador de decisões, os autores realizaram uma comparação deste sistema com três diferentes tipos de jogadores (*Check/Call*, *Raise* e *Random Player*) utilizando o *software PokerTH*. Os resultados dos testes realizados mostraram que o jogador *Fuzzy* obteve o melhor resultado com 56% de vitórias, seguido pelo *Raise* com 32%, o *Check/Call* com 20% e o *Random* com 10%.

Ziótko et al. [5] desenvolveram e testaram um *bot* utilizando o *software OOPoker*. A eficácia do *bot* foi medida pela quantidade de partidas vencidas e quantidade de dinheiro adquirida. A rede foi treinada durante 100 partidas jogadas contra o mesmo modelo de *bot*. Após a conclusão do treinamento, testes foram realizados utilizando outros quatro *bots*, em 50 partidas. Ao final, foi possível verificar que o *bot* criado jogou muito bem contra os *bots* utilizados nos experimentos, vencendo, em média, 80% das partidas.

Este artigo aborda a modalidade mais popular do esporte, *Texas Hold'em No Limit*, jogada em *cash game*, e propõe a modelagem de dois sistemas, *Neuro-fuzzy* (ANFIS) e baseados em Redes Neurais Artificiais, que emulam as jogadas realizadas por um jogador real, com a finalidade de se obter um sistema computacional que possa auxiliar na tomada de decisões mais lucrativas. Este sistema não realiza jogadas *online*, mas em modo *stand-alone*, uma vez que os maiores sites de *Poker* do mundo não permitem a utilização de sistemas automáticos em suas salas. Este artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a metodologia utilizada no desenvolvimento deste trabalho, enquanto a Seção 3 mostra os experimentos realizados. Ao final, a Seção 4 conclui o artigo e apresenta perspectivas de trabalhos futuros.

2 Metodologia

O jogo de *poker Texas Hold'em* utiliza um baralho padrão de 52 cartas. Antes de cada rodada, todo jogador recebe duas cartas viradas para baixo (*hole cards*). A Figura 1 apresenta as posições dos jogadores em uma mesa *full ring* de *Poker*.

Há três rodadas de cartas comunitárias que apresentam cinco cartas viradas para cima e formam o *board* (bordo/mesa). Todos os jogadores podem usar essas cinco cartas da mesa em conjunto com as duas cartas das mãos a fim de formar a melhor combinação possível de cinco cartas, usando as duas, uma ou nenhuma das suas cartas pessoais. Cada rodada começa com duas apostas preliminares feitas pelos dois jogadores à esquerda do *Dealer* antes da distribuição das cartas. Essas apostas são denominadas *Small* e *Big Blind*. Após o pagamento das apostas mínimas e distribuição das cartas, os cinco estágios de cada rodada começam [6]:

- *Pré-Flop*: todos os jogadores recebem duas cartas fechadas e o ciclo de apostas se inicia, após as apostas mínimas (*small* e *big blind*) serem colocadas



Fig. 1. Posições em uma mesa *full ring* de *poker*

pelos jogadores. Cada jogador tem a opção de desistir, pagar ou aumentar, sendo que a ação começa com a aposta do jogador à esquerda do *Big Blind* (UTG) e segue no sentido horário da mesa até chegar novamente no *Big Blind*, último a agir nesse estágio.

- *Flop*: Agora, três cartas comunitárias são apresentadas na mesa viradas para cima. As apostas começam no *Flop* com o jogador imediatamente à esquerda do *Dealer* (*Small Blind*). As opções de aposta, para os jogadores que ainda permanecem na disputa da rodada, são similares às do *Pré-Flop*. Entretanto, os jogadores podem também optar por *Check* e *Bet*.
- *Turn*: Quando o segundo ciclo de apostas terminar, é exposta a quarta carta comunitária, iniciando-se um novo ciclo de apostas, seguindo o mesmo processo do estágio anterior.
- *River*: O último ciclo de apostas acontece após a apresentação da quinta e última carta comunitária. Esse estágio é denominado *River* e o ciclo de apostas segue a mesma linha dos estágios *Turn* e *Flop*.
- *Showdown*: Por fim, caso haja mais de um jogador em disputa após o fim dos ciclos de apostas da rodada, o jogador com a melhor combinação de cinco cartas vence o pote e recebe as fichas correspondentes às apostas realizadas.

Ao fim dos cinco estágios, uma nova rodada é iniciada girando-se em sentido horário as posições dos jogadores [6].

Este trabalho, como já abordado anteriormente, propõe a implementação de dois sistemas computacionais, *Neurofuzzy* (ANFIS) e baseados em Redes Neurais Artificiais, que emulam as jogadas realizadas por um jogador real, com a finalidade de auxiliar na tomada de decisões [7]. A modelagem destes sistemas é descrita a seguir.

2.1 *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* - ANFIS

O ANFIS é um sistema de inferência *neuro-fuzzy* baseado em dados [9]. Sendo assim, torna-se necessária a criação de um *data set* confiável que, para este trabalho, foi construído a partir de 3877 rodadas jogadas de *Poker Texas Hold'em*

No *Limit cash game* utilizando o *software PokerStars* [10]. Na modelagem, o sistema ANFIS foi dividido em quatro etapas, sendo cada uma delas correspondentes aos estágios do jogo: *Pré-Flop*, *Flop*, *Turn* e *River*.

Pré-Flop

Neste estágio foram criadas quatro entradas (Mão-Inicial, Posição-Mesa, Tamanho-*Stack* e Tamanho-Pote) que, ao serem combinadas, geram 135 regras de inferência. Sabendo-se que o baralho atual possui 52 cartas, existem 2652 possibilidades de combinações de duas cartas. Com o propósito de reduzir a complexidade, foram considerados apenas os números e letras das cartas, e se as mesmas são *suited* (s - mesmo naipe) ou *off-suited* (o - naipes diferentes), reduzindo as combinações para 169.

Combinação de Cinco Cartas O sistema ANFIS foi criado para utilizar cinco diferentes grupos de cartas elaborados a partir de adaptações realizadas por Brunson [11] e podem ser verificados na Tabela 1. O grupo 1 representa o grupo das melhores combinações, enquanto o grupo 5 representa o grupo das piores combinações. A partir destes 5 grupos foi possível atribuir, empiricamente, valores para cada uma das 169 combinações de duas cartas (Tabela 2) [12].

Tabela 1. Combinações possíveis de duas cartas e grupos de mãos iniciais definidos

AA	AKs	AQs	AJs	ATs	A9s	A8s	A7s	A6s	A5s	A4s	A3s	A2s		
AKo	KK	KQs	KJs	KTs	K9s	K8s	K7s	K6s	K5s	K4s	K3s	K2s		
AQo	KQo	QQ	QJs	QTs	Q9s	Q8s	Q7s	Q6s	Q5s	Q4s	Q3s	Q2s		
AJo	KJo	QJo	JJ	JTs	J9s	J8s	J7s	J6s	J5s	J4s	J3s	J2s		
ATo	KTo	QTo	JTo	TT	T9s	T8s	T7s	T6s	T5s	T4s	T3s	T2s		
A9o	K9o	Q9o	J9o	T9o	99	98s	97s	96s	95s	94s	93s	92s		
A8o	K8o	Q8o	J8o	T8o	98o	88	87s	86s	85s	84s	83s	82s		
A7o	K7o	Q7o	J7o	T7o	97o	87o	77	76s	75s	74s	73s	72s		
A6o	K6o	Q6o	J6o	T6o	96o	86o	76o	66	65s	64s	63s	62s		
A5o	K5o	Q5o	J5o	T5o	95o	85o	75o	65o	55	54s	53s	52s		GRUPO 1 AA, KK, QQ, JJ, AKs, AKo
A4o	K4o	Q4o	J4o	T4o	94o	84o	74o	64o	54o	44	43s	42s		GRUPO 2 TT, 99, 88, 77, 66, 55, 44, 33, 22
A3o	K3o	Q3o	J3o	T3o	93o	83o	73o	63o	53o	43o	33	32s		GRUPO 3 AQs, AJs, ATs, A9s, A8s, A7s, A6s, A5s, A4s, A3s, A2s
A2o	K2o	Q2o	J2o	T2o	92o	82o	72o	62o	52o	42o	32o	22		GRUPO 4 KQs, QJs, JTs, T9s, 98s, 87s, 76s, 65s, 54s, 43s, 32s
														GRUPO 5 Restante Das Combinações

Posição na Mesa Tomando como base uma mesa *full ring*, que possui nove posições distintas, foram criados três grupos, conforme visto na Tabela 3(a).

Tamanho do Stack O montante de fichas de um jogador é denominado *stack* (pilha). Um jogador com muitas fichas tende a jogar mais rodadas, pois sente maior confiança em aumentar ou pagar mais apostas. Com isso, o valor de um *big blind* é o valor mínimo de *stack* que um jogador pode ter em uma mesa. Por outro lado, apesar de não existir uma quantidade máxima de fichas que um jogador pode acumular em uma mesa de *cash game*, o limite superior foi definido como o

Tabela 2. Valores das 169 combinações de duas cartas

GRUPO 1		GRUPO 2		GRUPO 3		GRUPO 4		GRUPO 5																	
Mão	Valor	Mão	Valor	Mão	Valor	Mão	Valor	Mão	Valor																
AA	1770	TT	1330	AQs	930	KQs	570	KJs	395	J8s	305	76o	215	J5s	125	64o	59	62o	41	K4o	23	94o	5		
KK	1670	99	1270	AJs	890	QJs	550	AQo	390	75s	300	42s	210	J4s	120	53o	58	95o	40	K3o	22	93o	4		
QQ	1570	88	1210	ATs	850	JTs	530	KQo	385	J9o	295	96s	205	J3s	115	43o	57	T5s	39	K2o	21	92o	3		
JJ	1470	77	1150	A9s	810	T9s	510	QTs	380	64s	290	85s	200	J2s	110	32o	56	T4s	38	Q7o	20	83o	2		
AKs	1370	66	1090	A8s	770	98s	490	J9s	375	T9o	285	J8o	195	A8o	105	73s	55	T3s	37	Q6o	19	82o	1		
AKo	1270	55	1030	A7s	730	87s	470	AJo	370	53s	280	J7s	190	A7o	100	63s	54	T2s	36	Q5o	18	72o	0		
	44	970	A6s	690	76s	450	KTs	365	K8s	275	65o	185	A6o	95	62s	53	95s	35	Q4o	17					
	33	910	A5s	650	65s	430	ATo	360	K7s	270	54o	180	A5o	90	52s	52	94s	34	Q3o	16					
	22	850	A4s	610	54s	410	Q9s	355	K6s	265	74s	175	A4o	85	T6o	51	93s	33	Q2o	15					
			A3s	570	43s	390	T8s	350	K5s	260	K9o	170	A3o	80	97o	50	92s	32	J6o	14					
			A2s	530	32s	370	KJo	345	K4s	255	T8o	165	A2o	75	85o	49	84s	31	J5o	13					
								QJo	340	K3s	250	Q7s	160	T6s	70	74o	48	83s	30	J4o	12				
								JTo	335	K2s	245	Q6s	155	Q8o	65	63o	47	82s	29	J3o	11				
								97s	330	T7s	240	Q5s	150	J7o	64	52o	46	72s	28	J2o	10				
								86s	325	Q8s	235	Q4s	145	T7o	63	42o	45	K8o	27	T5o	9				
								KTo	320	87o	230	Q3s	140	98o	62	96o	44	K7o	26	T4o	8				
								QTo	315	A9o	225	Q2s	135	86o	61	84o	43	K6o	25	T3o	7				
								K9s	310	Q9o	220	J6s	130	75o	60	73o	42	K5o	24	T2o	6				

valor correspondente a 1000 *big blinds*, número bastante considerável para casos reais. Neste artigo, utilizou-se 3 termos linguísticos: pequeno, médio e grande. Os valores dos tamanhos dos stacks, por sua vez, podem ser verificados na Tabela 3(b).

Tabela 3. (a) Valores das posições na mesa; (b) Valores do *stack* e pote

POSIÇÃO	VALOR	CONJUNTOS FUZZY	TAMANHO DO STACK (Big Blinds)	TAMANHO DO POTE (Big Blinds)	CONJUNTOS FUZZY
<i>Dealer</i>	400	Excelente	501 a 1000	71 a 100	Grande
<i>Cutoff</i>	250				
<i>Hijack</i>	250				
<i>Mid Position</i>	100	Boa	201 a 500	31 a 70	Médio
<i>UTG+2</i>	130				
<i>UTG+1</i>	80				
<i>UTG</i>	30	Ruim	1 a 200	2 a 30	Pequeno
<i>Big Blind</i>	50				
<i>Small Blind</i>	0				

Tamanho do Pote O tamanho do pote é fundamental para se tomar uma decisão já que normalmente grandes apostas são feitas quando os jogadores possuem boas cartas. Portanto, os tamanhos de potes foram estabelecidos como pequenos, médios e grandes (Tabela 3(b)).

Ação Por fim, combinando as quatro entradas descritas tem-se a saída do sistema. Esta saída representa a melhor ação possível a ser tomada pelo jogador em

determinada situação, considerando as duas cartas fechadas recebidas, a posição na mesa e os tamanhos do *stack* e do pote. Neste estágio do jogo, um jogador pode realizar três diferentes ações, *Fold*, *Call/Check*, *Bet/Raise*, que receberam, empiricamente, os valores de 20, 60 e 100, respectivamente.

Estrutura ANFIS Após a coleta das informações do *PokerStars*, o treinamento da estrutura ANFIS foi realizado utilizando 2714 rodadas, enquanto para o teste foram utilizadas 1163 rodadas, representando 70% e 30% dos dados totais, respectivamente. Além disso, o algoritmo de treinamento *Backpropagation*, executado durante 300 épocas, foi o escolhido para esta rede, já que apresentou melhor desempenho do que o algoritmo de treinamento Híbrido.

Pós-Flop

Após o ciclo de apostas do estágio Pré-Flop, outros três estágios (*Flop*, *Turn* e *River*) completam uma rodada do *Texas Hold'em*. Este conjunto de estágios é denominado Pós-Flop. No *Flop*, são abertas três cartas comunitárias na mesa, enquanto nos estágios *Turn* e *River*, são abertas duas (uma em cada um), totalizando cinco cartas comunitárias.

A modelagem destes três estágios se deu com a utilização de quatro entradas (combinação de cinco cartas, posição na mesa, número de jogadores envolvidos na rodada e número de apostas anteriores à ação do jogador) que, ao serem combinadas, seguindo as mesmas condições das regras de inferência criadas no primeiro estágio modelado, geram uma saída representando a ação mais recomendada para o jogador naquela situação. A diferença da implementação dos modelos é garantida pela entrada “combinação de cinco cartas” e pelas regras de inferência para os três estágios.

Combinação de Cinco Cartas O objetivo de cada rodada é formar a melhor combinação possível de cinco cartas, a primeira entrada deste modelo foi definida como uma combinação de cinco cartas, pertencentes a um *ranking* que lista diferentes combinações. Desta forma, para formar as partições dos estágios *Flop* e *Turn*, foram utilizadas 15 diferentes combinações criadas empiricamente, que podem ser vistas na Tabela 4. Para o *River*, por sua vez, foram utilizadas somente 12 combinações, já que as combinações *Flush Draw*, *Open Ended Straight* e *Gut Shot*, não podem mais ser formadas.

Tabela 4. Valores das combinações de cinco cartas para os estágios *Flop*, *Turn* e *River*

COMBINAÇÃO	VALOR <i>Flop e Turn</i>	CONJUNTOS <i>FUZZY</i>	COMBINAÇÃO	VALOR <i>River</i>	CONJUNTOS <i>FUZZY</i>
<i>Royal Flush</i>	1200	Excelente	<i>Royal Flush</i>	900	Excelente
<i>Straight Flush</i>	1000		<i>Straight Flush</i>	700	
<i>Four of a King</i>	800		<i>Four of a King</i>	500	
<i>Full House</i>	600		<i>Full House</i>	575	Muito Boa
<i>Flush</i>	675	<i>Flush</i>	425		
<i>Straight</i>	525	<i>Straight</i>	275		
<i>Three of a King</i>	375	Muito Boa	<i>Three of a King</i>	325	Boa
<i>Two Pair</i>	425	Boa	<i>Two Pair</i>	225	
<i>Top Pair</i>	325		<i>Top Pair</i>	125	
<i>Middle Pair</i>	225		<i>Middle Pair</i>	150	
<i>Botton Pair</i>	125		<i>Botton Pair</i>	75	
<i>Flush Draw</i>	150	Ruim	<i>Flush Draw</i>	-	Ruim
<i>Open Ended Straight</i>	100		<i>Open Ended Straight</i>	-	
<i>Gut Shot</i>	50		<i>Gut Shot</i>	-	
<i>High Card</i>	0		<i>High Card</i>	0	

Posição na Mesa Os valores e conjuntos *Fuzzy* utilizados para compor a partição *Fuzzy* que representa a posição na mesa para os três estágios vigentes, foram os mesmos utilizados no estágio *Pré-Flop*.

Jogadores Envolvidos na Rodada O número de envolvidos em uma rodada é inversamente proporcional às chances de um jogador vencer, pois diminui-se a possibilidade de blefes, além de aumentar as chances de um oponente possuir uma combinação de cartas melhor. Sendo assim, os jogadores envolvidos em uma rodada foram definidos como poucos, médio ou muitos, como apresentado na Tabela 5.

Tabela 5. Números de jogadores envolvidos na rodada e número de apostas anteriores

Envolvidos na Rodada (Número de jogadores)	Número de Apostas Anteriores	CONJUNTOS <i>FUZZY</i>
6 a 8	6 a 8	Muitos
3 a 5	3 a 5	Médio
1 e 2	0 a 2	Poucos

Apostas Anteriores Caso haja muitas apostas antes da sua jogada, a probabilidade de um jogador vencer uma rodada diminui consideravelmente. Sendo

assim, para os estágios *Flop*, *Turn* e *River*, como visto na Tabela 5, as apostas anteriores foram marcadas como poucas, média ou muitas.

Estrutura ANFIS Para realização do treinamento do *Flop* foram utilizadas 924 rodadas das 1320 jogadas, enquanto para o teste, utilizou-se 396. Nesta rede foi utilizado o algoritmo de treinamento Híbrido para realização do treinamento, por ter apresentado maior eficiência que o algoritmo *Backpropagation*. O algoritmo Híbrido, executado durante 50 épocas como no *Flop*, também foi escolhido para realizar o treinamento da rede do estágio *Turn*. Este treinamento, utilizou 70% (564) dos 805 registros de jogadas e o teste os outros 30% (241). No *River*, assim como no Pré-*Flop*, o treinamento foi realizado com o algoritmo *Backpropagation* para 380 rodadas durante 1000 épocas. O teste, por sua vez, foi realizado utilizando 163 rodadas.

2.2 Criação do Sistema Com Redes Neurais Artificiais - RNA

A RNA utilizada foi a mesma para todos os quatro estágios definidos do jogo e para encontrar a rede ideal para este tipo de sistema foram testadas, empiricamente diversas configurações [13]. A rede que apresentou o melhor resultado possui duas camadas escondidas com 21 neurônios cada uma, sendo que na primeira camada oculta a função de transferência utilizada foi a tangente hiperbólica, enquanto para a segunda camada oculta foi utilizada a função de transferência *log-sigmóide*. Os experimentos foram executados 50 vezes em cada estágio do jogo e o algoritmo de treinamento utilizado foi o *Levenberg-Marquardt Backpropagation*. Os dados, por sua vez, utilizados nos experimentos foram os mesmos usados no ANFIS, mas agora foram divididos da seguinte forma: 70% para treinamento, 15% para teste e 15% para validação.

No Pré-*Flop* têm-se 3877 evidências de rodadas jogadas. Sendo assim, 2715 amostras foram utilizadas no treinamento, enquanto 581 foram utilizadas na fase de teste e 581 na fase de validação. No *Flop* foram utilizadas 924 para o treinamento, 198 para teste e 198 para validação, totalizando as 1320 rodadas neste estágio. Já no *Turn*, utilizou-se 565 rodadas para o treinamento, 120 para teste e 120 para validação, totalizando os 805 registros deste estágio. O *River* possui 543 evidências de rodadas jogadas e de acordo com a divisão citada anteriormente, 381 foram para o treinamento, enquanto 81 para teste e 81 para validação.

3 Experimentos

Nesta seção são mostrados os resultados e testes dos dois modelos propostos neste trabalho (ANFIS e RNA). Ao final, foi realizada uma comparação dos modelos propostos com outros 4 tipos de jogadores utilizados na literatura.

Sistema ANFIS

Este sistema foi modelado por estágios do jogo, no qual foram criadas quatro redes, uma para cada estágio. Tais redes apresentaram comportamentos diferentes devido ao tipo e quantidade de grupos nas entradas, além da quantidade de dados utilizados em cada uma delas. Estes resultados podem ser vistos na Tabela 6.

Tabela 6. Resultados dos testes realizados com os dois modelos propostos

ESTÁGIO DO JOGO	ANFIS Acurácia (%)	RNA (Erro Quadrático Médio - %)
<i>Pré-Flop</i>	92,4671	15,5616
<i>Flop</i>	92,5635	12,6764
<i>Turn</i>	92,5635	7,2828
<i>River</i>	92,8049	1,8571

Sistema com RNA

Do mesmo modo que no sistema ANFIS, o sistema com RNA também foi dividido em quatro estágios, sendo criada uma RNA para cada um deles. O experimento, para cada estágio, foi repetido 50 vezes e os resultados podem ser vistos na Tabela 6.

Avaliação dos modelos propostos

Com o propósito de verificar se estes modelos apresentam estruturas lucrativas dentro desta modalidade de *Poker* foram realizados testes com dinheiro real utilizando o *software PokerStars* [10] em mesas com 9 jogadores (*players*) e com apostas mínimas (*blinds*) de \$0,01/\$0,02. Todos os modelos testados funcionam paralelamente ao sistema de jogadas *online PokerStars* servindo apenas de suporte a decisão para um jogador real. Ou seja, eles não realizam jogadas automáticas, mas somente sugerem ao jogador real as decisões a serem tomadas em cada fase do jogo.

Além do *ANFIS Sugeno* e do *RNA Player*, foram utilizados outros quatro jogadores nos experimentos: *Call Player*, *Raise Player*, *Random Player* e *Smart Player* [5]. Estes seis jogadores são detalhados a seguir:

- *Call Player*: somente paga as apostas, sendo totalmente passivo e previsível.
- *Raise Player*: aumenta todas as apostas, sendo totalmente previsível e agressivo, mesmo quando não está em situação favorável.
- *Random Player*: Não mantém um padrão de jogadas, fazendo uso da aleatoriedade para tomar decisões em qualquer situação do jogo.

- *Smart Player*: bastante conservador, já que joga apenas com as mãos iniciais dos grupos.
- *ANFIS Sugeno Player*: jogador modelado por meio do sistema ANFIS.
- *RNA Player*: jogador que utiliza Redes Neurais Artificiais nas jogadas.

Com cada um dos seis jogadores citados, foram jogadas 500 rodadas de *Texas Hold'em No Limit cash game* contra oponentes reais. Os parâmetros adotados na avaliação foram: *flops* jogados, potes vencidos no estágio *Showdown*, potes vencidos em outro estágio e lucro em dólar. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Teste comparativo entre os seis tipos de jogadores avaliados

TIPO DE JOGADOR	FLOPS JOGADOS (em 500)	POTES VENCIDOS (SHOWDOWN)	POTES VENCIDOS (OUTROS ESTÁGIOS)	LUCRO
<i>Call</i>	404 (81%)	124/375 (33%)	27	-\$11,66
<i>Raise</i>	333 (67%)	30/117 (26%)	268	-\$7,97
<i>Random</i>	267 (53%)	67/160 (42%)	77	-\$5,10
<i>Smart</i>	85 (17%)	13/20 (65%)	52	\$2,01
<i>ANFIS</i>	170 (34%)	62/73 (85%)	111	\$7,45
<i>RNA</i>	166 (33%)	52/64 (81%)	129	\$6,89

O primeiro *player* testado foi o *Call Player*, que apresentou os piores resultados em relação aos lucros, perdendo \$11,66 nas 500 rodadas jogadas. Por ser um jogador que somente paga as apostas, participou de 404 dos 500 *Flops* possíveis, representando 81% dos mesmos, ou seja, um índice bastante elevado. Além disso, foi o jogador que mais participou do estágio *Showdown*. Entretanto, venceu apenas 33% dos potes disputados neste estágio (124/375). Por fim, devido a sua passividade, sendo praticamente incapaz de fazer os oponentes desistirem das rodadas, este *player* foi o que menos ganhou potes em outro estágio do *Poker*, com 27 no total.

Nas primeiras 60 rodadas de teste com o jogador *Raise*, o mesmo se mostrou um *player* interessante em termos de lucro, ficando aproximadamente com \$3,55 positivo. Porém, por ser bastante previsível, no decorrer das 40 rodadas seguintes, os demais oponentes começaram a perceber que este jogador sempre aumentava as apostas, independente das suas cartas ou combinações que havia obtido. Sendo assim, ao final das 500 rodadas jogadas, o *Raise Player* apresentou o segundo pior desempenho monetário, terminando a seção de testes com -\$7,97. A grande agressividade deste jogador representa a grande quantidade de potes vencidos sem *Showdown* pelo mesmo, já que este pressionava os oponentes com seus aumentos e os fazia agir com *Fold*. Portanto, foi o jogador que mais ganhou potes em estágios diferentes do último. No entanto, quando algum oponente mantinha suas cartas e a rodada se decidia no último estágio, o *Raise Player* apresentou o pior desempenho dos cinco jogadores testados, vencendo apenas em 26% dos casos (30/117).

Apesar de ser totalmente aleatório em suas decisões, o *Random Player* gerou um prejuízo menor que os dois primeiros jogadores testados, finalizando os testes com -\$5,10. Esse valor está relacionado com o fato que este *player*, mesmo não jogando bem e de forma coerente, não é previsível como os demais, dificultando as ações dos adversários. Os outros parâmetros mostram que este jogador jogou pouco mais da metade (267/500) das rodadas e venceu 42% (67/160) dos potes das rodadas que chegaram ao estágio de *Showdown*. Além disso, ganhou 77 potes nos outros quatro estágios do jogo.

O *Smart Player* foi o primeiro jogador inteligente a ser testado. Inicialmente, é possível perceber que ele obteve lucros nos testes, terminando com \$2,01, reforçando a importância de se manter bons padrões de jogadas e boas estratégias a fim de ser lucrativo. É possível observar que, de todos os jogadores testados, este foi o que menos jogou *Flops* (85/500), cerca de 17%. Esse dado interferiu diretamente na quantidade de potes que ele ganhou, sendo 65 no total, dos quais 13/20 (65%) foram no estágio *Showdown* e 52 nos outros estágios.

O primeiro jogador modelado neste trabalho foi o *ANFIS Sugeno Player*. Este jogador obteve o melhor desempenho monetário e o melhor aproveitamento de potes vencidos no estágio *Showdown* dentre os seis jogadores testados, com \$7,45 e 62/73 (85%), respectivamente. Ademais, dentre os dois modelos propostos, foi o que mais jogou *Flops*, 170 em 500, representando 34% e o segundo que mais venceu potes em outro estágio, com 111 potes. Estas informações expressam que o sistema ANFIS foi um modelo extremamente vantajoso no tocante a lucratividade, pois alcançou 3,725 vezes o valor máximo que um jogador pode começar em uma mesa, considerando o limite proposto no teste.

Por fim, foi testado o *RNA Player*, jogador modelado a partir de Redes Neurais Artificiais. Este jogador obteve desempenho semelhante ao *ANFIS Sugeno Player* em praticamente todas as métricas avaliadas. Por isso, atingiu, dentre os seis jogadores testados, o segundo melhor desempenho monetário com \$6,89 de rendimento e 81% de aproveitamento de potes vencidos no estágio *Showdown*. Além disso, jogou 166 *flops* de 500, representando 33% e venceu 129 potes em outros estágios. Estas informações mostram que o sistema com RNA foi bastante decisivo no auxílio na tomada de decisões deste jogador, além de ser um modelo extremamente proficiente quanto a lucratividade, alcançando ao todo 344,5 *big blinds* ao final das 500 rodadas.

4 Conclusão

Neste trabalho foram propostos duas ferramentas de auxílio aos praticantes do esporte *Poker Texas Hold'em*, o sistema ANFIS Sugeno e o sistema baseado em Redes Neurais Artificiais. Tais sistemas apresentaram números bastante semelhantes em relação a todos os parâmetros analisados nos testes. Da mesma forma, os dois jogadores se mostraram seguros e agressivos em suas decisões quando optaram por jogar uma rodada de *Poker Texas Hold'em No Limit cash game*. Além disso, os dois sistemas obtiveram resultados excelentes, principalmente em termos de lucratividade, maior objetivo desta modalidade do jogo. Após as 500

rodadas de teste jogadas, o *ANFIS Sugeno Player*, obteve 272,5% de lucro em relação ao valor investido no começo destas rodadas, enquanto o *RNA Player* conseguiu um lucro de 244,5%.

Ao final, foi possível dizer que este trabalho contribui de maneira significativa no estudo e na modelagem da forma de jogar *poker*. Sendo assim, como sugestão de trabalhos futuros propõe-se a criação de novos modelos utilizando Redes RBF e/ou Redes Bayesianas a fim de compará-los com os modelos criados neste trabalho. Outra proposta seria adaptar os modelos já criados à outras modalidades de *Poker*, como por exemplo o *Omaha Pot Limit cash game*, bem como o melhoramento das saídas destes dois modelos no que se refere às ações *Bet* ou *Raise*. Além disso, outros grandes desafios seriam a criação de *bots* para realizar jogadas automáticas, uma vez que os maiores sites de *Poker* do mundo não permitem a utilização de técnicas de *Machine Learning* em suas salas, bem como a criação de modelos que auxiliem na tomada de decisão em torneios, para os quais deve-se levar em consideração diversos outros importantes fatores.

References

1. Grilo, G.: Além do *Hold'em*: Saiba como jogar as principais modalidades de *Poker*. <https://www.superpoker.com.br/poker/alem-do-holdem-saiba-como-jogar-as-principais-modalidades-de-poker> Acesso: 20-08-2016.
2. Kendall, G., Willdig, M.: An investigation of an adaptive poker player. In: Australian Joint Conference on Artificial Intelligence, Springer (2001) 189–200
3. Forbeck, F.R.: Sistema *Fuzzy* de apoio à tomada de decisão no jogo de *Poker*. <https://pt.scribd.com/document/56762781/Sistemas-Fuzzy-Poker> (2008) Acesso: 11-11-2016.
4. Junior, H.M.R., Felix, L.B., Nepomuceno, E.G., Ottoni, A.L.C.: Agente tomador de decisões baseadas em lógica *Fuzzy* no jogo de pôquer. In: XII Simpósio de Mecânica Computacional. (2016) 63–70
5. Ziólko, B., Bochniak, D., Jankowski, G.: Neural network application for automatic decisions in poker. *Journal of Applied Computer Science* **20**(1) (2012) 119–127
6. Poker, F.T.: *Online Texas Hold'em* (2016) Acesso: 10-10-2016.
7. Rezende, S.O.: *Sistemas inteligentes: fundamentos e aplicações*. Editora Manole Ltda (2003)
8. Takagi, T., Sugeno, M.: Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics* (1) (1985) 116–132
9. Jang, J.S.: Anfis: adaptive-network-based fuzzy inference system. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics* **23**(3) (1993) 665–685
10. PokerStars: *Download & Play* (2016) Acesso: 06-11-2016.
11. Brunson, D.: *Doyle Brunson's Super System*. Cardoza (2002)
12. Sklansky, D., Malmuth, M.: *Hold'em poker for advanced players*. Two Plus Two Publishing LLC (1999)
13. Haykin, S.S., Haykin, S.S., Haykin, S.S., Haykin, S.S.: *Neural networks and learning machines*. Volume 3. Pearson Upper Saddle River, NJ, USA: (2009)