

# A NEUROECONOMIA DA COOPERAÇÃO<sup>1\*</sup>

## THE NEUROECONOMICS OF COOPERATION

Luís Eduardo Meneguetti<sup>2\*\*</sup>  
Dr. Sergio Marley Modesto Monteiro<sup>3\*\*\*</sup>

### RESUMO

A cooperação é um tema importante para a ciência econômica porque permite entender como as pessoas alocam recursos em cenários de dilema social. Um dilema social é uma situação em que há um desencontro entre a decisão que maximiza o bem estar do indivíduo com a do grupo. Todavia, a análise desse fenômeno por parte dos economistas se deu no sentido de elaborar um modelo cujos pressupostos são baseados na teoria da escolha racional. Conseqüentemente, esses modelos apresentam baixo poder preditivo e não explicam corretamente o processo de tomada de decisão das pessoas. Isto posto, este trabalho visa entender o processo cerebral de tomada de decisão em situações de dilema social. A fim de alcançar esse objetivo, é apresentado o campo da neuroeconomia, expondo seus objetivos, metodologias e contribuições para a teoria econômica. Além disso, analisa-se como a teoria econômica, alicerçada na racionalidade dos indivíduos, explica o comportamento da cooperação e, por fim, propõe-se um modelo teórico de como a tomada de decisão ocorre no cérebro baseado na literatura neurocientífica. Como resultado, entende-se que o cálculo econômico da tomada de decisão em cooperação não depende apenas da avaliação de benefícios pessoais, mas também de recompensas sociais. Além disso, pode-se constatar que a tomada de decisão depende de áreas como a amígdala e o estriado ventral, áreas relacionadas com a aprendizagem e com emoções, respectivamente, negativas e positivas. Pode-se sugerir, como pesquisa futura, a validação do modelo teórico proposto por meio de estudos com ressonância magnética funcional, além de sua expansão para abranger outras áreas do cérebro que atuam na tomada de decisão em cenários de dilema social.

**Palavras-chave:** Cooperação. Modelo. Cérebro. Neuroeconomia. Tomada de Decisão.

### ABSTRACT

Cooperation is an important topic in economic studies because it helps to understand how people allocate resources in social dilemma scenarios. A social dilemma is a situation where there is a conflict between the decision that maximizes the individual's well-being and that of the group. However, economists have analyzed this phenomenon by developing models based on the rational choice theory. Consequently, these models have low predictive power and do not accurately explain the decision-making process of individuals. Therefore, this work aims to understand the neural process of decision-making in social dilemma situations. To achieve this goal, the emerging field of neuroeconomics is presented, including its objectives, methodologies, and contributions to economic theory. Additionally, the traditional economic theory based on individual rationality is analyzed to explain cooperative behavior, and a theoretical model of how decision-making occurs in the brain is proposed based on

---

<sup>1\*</sup> Trabalho de Conclusão de Curso apresentado, no primeiro semestre de 2023, ao Departamento de Economia e Relações Internacionais da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

<sup>2\*\*</sup> Graduando em Ciências Econômicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. (meneguettilluiseduardo@gmail.com).

<sup>3\*\*\*</sup> Orientador(a). Doutor(a) em Economia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Mestre(a) em Economia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Professor(a) do Departamento de Economia e Relações Internacionais da UFRGS. (sergio.monteiro@ufrgs.br).

neuroscience literature. As a result, it is understood that the economic calculation of decision-making in cooperation depends not only on personal benefits but also on social rewards, and decision-making depends on emotion-related brain areas such as the amygdala and ventral striatum, respectively associated with negative and positive emotions. Future research may validate the proposed theoretical model through functional magnetic resonance imaging studies, and it may be expanded to cover other brain areas involved in decision-making in social dilemma scenarios.

**Keywords:** Cooperation. Model. Brain. Neuroeconomics. Decision-making.

## 1 INTRODUÇÃO

O esforço empregado por economistas, principalmente até a metade do século XX, para entender o comportamento humano, foi no sentido de promover a elaboração de um modelo axiomático de consumidor racional (GLIMCHER; FEHR, 2014), capaz de ordenar suas preferências e de escolher de maneira ótima sua alocação de recursos, de modo a maximizar sua utilidade esperada e avaliar, ponderando custos e benefícios, sua decisão de cooperar ou não com o grupo.

Todavia, os resultados obtidos por meio dos modelos matemáticos são questionados quando a validade das premissas adotadas é confrontada com a maneira como as pessoas tomam decisões na vida real. Com a ascensão da psicologia cognitiva na segunda metade do século XX, inúmeros estudos demonstraram que a tomada de decisão em determinadas condições envolve heurísticas mentais e vieses cognitivos (KAHNEMAN; TVERSKY, 1979; TVERSKY; KAHNEMAN, 1974, 1981), frutos da limitação de processamento de informação presente no cérebro humano.

Para além da psicologia cognitiva, o avanço neurocientífico ocorrido no início do século XX forneceu uma base para maior compreensão e entendimento dos fenômenos cerebrais relacionados com a tomada de decisão. Dessa forma, tornou-se possível observar a estrutura cerebral responsável por produzir os comportamentos econômicos, satisfazendo condições necessárias para a ascensão do campo de estudo da neuroeconomia.

Diante disso, a presente pesquisa tem como objetivo responder à seguinte questão: Como a neuroeconomia pode explicar a tomada de decisão de agentes econômicos em cenários de dilema social? Visando responder o problema de pesquisa, foram determinados um objetivo geral e três objetivos específicos. O objetivo geral deste artigo é propor um modelo cerebral de análise de custos e benefícios da tomada de uma ação em dilema social. A fim de alcançar o objetivo geral, determinou-se três objetivos específicos:

- a) analisar como a teoria econômica, alicerçada na racionalidade dos indivíduos, explica o comportamento da cooperação;
- b) apresentar o campo da neuroeconomia, expondo seus objetivos, metodologias e contribuições para a teoria econômica; e
- c) apresentar artigos de neuroeconomia que versam sobre a tomada de decisão em cenário de cooperação e, com base nisso, propor um modelo teórico que explique a tomada de decisão em situação de dilema social.

A relevância e contribuição desta pesquisa residem nas contemporâneas descobertas da área da neuroeconomia no que tange o comportamento social. Desse modo, enriquece-se o conhecimento acerca do comportamento humano para além das variáveis usualmente observadas pela teoria econômica, com a incorporação de um maior entendimento do funcionamento da mente e da tomada de decisão de indivíduos. O ferramental da neuroeconomia oferece um entendimento maior da motivação da tomada de decisão, e poderá,

no futuro, servir como insumo para possíveis intervenções que visem expandir e aprimorar a cooperação em larga escala (DECLERCK; BOONE, 2018).

## 2 COOPERAÇÃO E RACIONALIDADE ECONÔMICA

A capacidade de cooperação entre humanos fornece a base na qual se edifica a civilização (AXELROD, 2006). A cooperação pode ser definida como uma forma de interação social na qual os indivíduos ou grupos unem esforços para atingir resultados mais eficientes e efetivos do que seriam possíveis por meio da ação individual, geralmente envolvendo a partilha de recursos e responsabilidades.

Para estudar esse tipo de interação, utiliza-se tradicionalmente a teoria dos jogos, campo interdisciplinar entre economia, administração, filosofia e ciência política (MCCAIN, 2008) que se dedica ao estudo de como jogadores racionais se comportam em cenários de conflito e cooperação (STRAFFIN, 1993). A definição de racionalidade, nesse caso, refere-se à capacidade do jogador de observar os *payoffs* do jogo, de escolher a opção que maximiza sua utilidade esperada e do seu entendimento que seus oponentes também são racionais.

Seu principal objetivo é analisar matematicamente as relações estratégicas entre diferentes jogadores quando o bem-estar dos mesmos depende da tomada de decisão de outros indivíduos. Dessa forma, a teoria dos jogos passou a ser central nas análises feitas por economistas para entender o fenômeno de cooperação em uma sociedade.

Formalmente, um jogo é formado por três componentes:

- a) Jogadores, que são os tomadores de decisão;
- b) Ações, que são descrições de todas as decisões que um jogador pode tomar ao decorrer do jogo;
- c) *Payoffs*, resultam da combinação de ações que são tomadas ao longo do jogo, definido com frequência pela utilidade recebida pelo jogador (CIVAI; HAWES, 2016).

A tomada de decisão de um indivíduo, no caso da cooperação, é afetada pela decisão tomada por outros indivíduos envolvidos na interação, de tal forma que estão inseridos em um ambiente de incerteza. Desse modo, para se entender o comportamento de agentes econômicos nesse cenário, utiliza-se, predominantemente, a teoria da escolha racional (DHAMI, 2016), na qual os indivíduos se comportam de maneira a maximizar sua utilidade esperada quando tomam suas decisões.

Assim, quando se considera a tomada de decisão relativa à cooperação sob a luz da análise da teoria dos jogos, o comportamento de cooperar passa a ser considerado racional, do ponto de vista econômico, quando essa é a decisão que gera maior utilidade para o tomador de decisão. Dessa forma, alinha-se os interesses dos indivíduos com o do resto do grupo. Todavia, quando o interesse do indivíduo difere daquele do grupo, pode-se observar uma propensão de não cooperação e comportamento prejudicial quando o incentivo econômico para tal é maior. Um exemplo disso é a tragédia dos comuns, na qual um bem público acaba sendo super explorado de maneira insustentável pela população, de modo que, ao buscar a realização dos próprios desejos, os indivíduos acabam piorando o bem-estar coletivo (HARDIN, 1968).

Mesmo que a cooperação entre indivíduos resulte em uma elevação do bem-estar social total, isso também cria situações em que a opção de exploração se torna saliente, de modo que muitas pessoas se sentem tentadas a atuar como *free-riders*, buscando se beneficiar do cenário de cooperação sem arcar com os custos disso. A análise das variáveis que influenciam nessa tomada dessa decisão é de interesse da ciência econômica, pois permite que se desenhem instituições e mecanismos sociais capazes de diminuir a probabilidade de se observar o comportamento egoísta e socialmente prejudicial de determinados indivíduos.

Um exemplo de jogo amplamente estudado nas ciências sociais é o dilema do prisioneiro (STRAFFIN, 1993). O jogo retrata uma situação hipotética em que duas pessoas são presas por um crime. Cada uma delas tem a escolha de confessar ou permanecer calada sobre o crime. Se ambos confessarem, ambos serão punidos com uma pena moderada. Se nenhum confessar, ambos serão punidos com uma pena leve. Se apenas um confessar, esse indivíduo será livre enquanto o outro será punido com uma pena severa.

Outro jogo que requer cooperação é o *Ultimatum Game*. Nele, um jogador é escolhido para dividir uma quantia de dinheiro com outro jogador. O segundo jogador tem a opção de aceitar ou rejeitar a oferta. Se ele rejeitar, ambos saem sem nada. A teoria econômica prevê que o primeiro jogador deve oferecer o menor valor possível para maximizar seu lucro, enquanto o segundo jogador deve aceitar qualquer oferta que seja feita, dado que qualquer valor monetário é melhor do que nenhum.

A fim de entender o comportamento dos jogadores nessas situações, convencionalmente se utiliza o conceito de Equilíbrio de Nash, que pode ser definido como a combinação de estratégias para os jogadores de um jogo que é a melhor resposta contra a estratégia dos outros jogadores (DUGATKIN; REEVE, 1998). No caso do Dilema do Prisioneiro, o Equilíbrio de Nash é encontrado quando os dois jogadores decidem não cooperar, pois para qualquer ação do outro jogador, o *payoff* de confessar é maior do que ficar em silêncio, de modo que o equilíbrio não prevê a existência de cooperação entre os jogadores.

Todavia, a análise de um jogo por meio de Equilíbrio de Nash é estática e não explica o comportamento observado em jogos que são repetidos diversas vezes. No seu livro *The evolution of Cooperation*, Axelrod (2006) explora profundamente as possíveis estratégias que podem ser adotadas quando o Dilema do Prisioneiro é jogado diversas vezes. Estratégias são definidas como instruções sobre ações a serem tomadas pelo jogador em quaisquer situações que venham a ocorrer.

Para realizar sua análise, Axelrod convidou diversos pesquisadores em teoria dos jogos, economistas, cientistas de computação, sociólogos e matemáticos para submeter suas estratégias favoritas em um torneio no qual o Dilema do Prisioneiro é jogado um número diverso de vezes. Assim, foi possível analisar sob quais circunstâncias a cooperação entre os jogadores pode emergir, mesmo sem comunicação entre os mesmos e sem uma autoridade central impondo restrições às ações egoístas.

O primeiro fator que impacta a tomada de decisão dos indivíduos é a recorrência do jogo. Como o jogo é realizado diversas vezes entre os mesmos jogadores, a tomada de decisão atual poderá impactar o comportamento do outro jogador futuramente. Além disso, as estratégias que obtiveram melhores resultados em termos de cooperação foram aquelas que conseguiram evitar conflitos desnecessários, cooperando enquanto o outro jogador também o fazia, punir desvios do outro jogador, perdoar após responder a uma provocação e apresentar comportamento determinístico, o que permite que outros jogadores se adaptem ao padrão de comportamento.

Como vencedora, a estratégia *"Tit for tat"*, que pode ser traduzida como "olho por olho", foi a que apresentou melhor resultado. Sua configuração é bastante simples, após abrir o jogo com cooperação, a estratégia copia o último movimento do outro jogador. Dessa forma, recompensa outras estratégias que cooperam, pune eventuais traições e apresenta um comportamento determinístico, o que cria um cenário em que a cooperação pode emergir em um contexto de ausência de autoridade central e comunicação entre os jogadores.

Quando humanos são colocados para jogar o dilema do prisioneiro, é possível perceber que pode existir cooperação entre os mesmos. Isso ocorre porque os seres humanos não tendem a calcular matematicamente o equilíbrio de Nash ou a melhor resposta ótima possível. Dessa forma, acabam por confiar em aproximações que fornecem uma resposta razoável ao

problema (DECLERCK; BOONE, 2016), especialmente em situações muito complexas, pois é necessário considerar um conjunto de informações enorme (RAUE; SCHOLL, 2018).

Dada a presença de cognição limitada em seres humanos, comumente são utilizadas heurísticas, atalhos mentais que facilitam a tomada de decisão, que são úteis em determinados ambientes, mas que podem acabar levando a erros de tomada de decisão (TVERSKY; KAHNEMAN, 1974). A literatura comportamental apresenta uma vasta coleção de desvios sistêmicos de seres humanos em relação àqueles preconizados pelos modelos de racionalidade ilimitada, inclusive no que tange à decisão de cooperar.

A aversão ao risco, tendência natural de seres humanos de avaliarem perdas como mais significativas do que ganhos equivalentes e, assim, evitarem riscos em cenários de incerteza, é um viés cognitivo proposto pela teoria dos prospectos (KAHNEMAN; TVERSKY, 1979). Esse viés afeta a tomada de decisão dos indivíduos em cooperar ao jogar o dilema do prisioneiro, especialmente pelo fato de que a dependência da tomada de decisão de outro jogador cria um cenário de incerteza (SABATER-GRANDE; GEORGANTZIS, 2002).

O efeito chamariz é outro viés cognitivo documentado pela economia comportamental. De acordo com ele, a introdução de uma terceira opção chamariz, semelhante às anteriores, mas menos atrativa, altera significativamente a tomada de decisão dos indivíduos (ÁVILA; BIANCHI, 2015). Ao jogar uma versão alterada do dilema do prisioneiro, em que há a introdução de uma terceira opção chamariz, é possível notar um aumento significativo da escolha de cooperar (WANG *et al.*, 2018).

O viés de enquadramento também apresenta um papel importante na tomada de decisão. Ele preconiza que a maneira como o problema é apresentado altera a decisão das pessoas (TVERSKY; KAHNEMAN, 1981). Ao jogar uma versão contínua do dilema do prisioneiro, em que é possível escolher um nível de cooperação ao invés de optar binariamente entre cooperar ou não, é possível observar que a maneira como que o problema é enquadrado afeta significativamente a tomada de decisão da quantidade de cooperação escolhida pelos jogadores (GOERG; RAND; WALKOWITZ, 2020).

### 3 NEUROECONOMIA

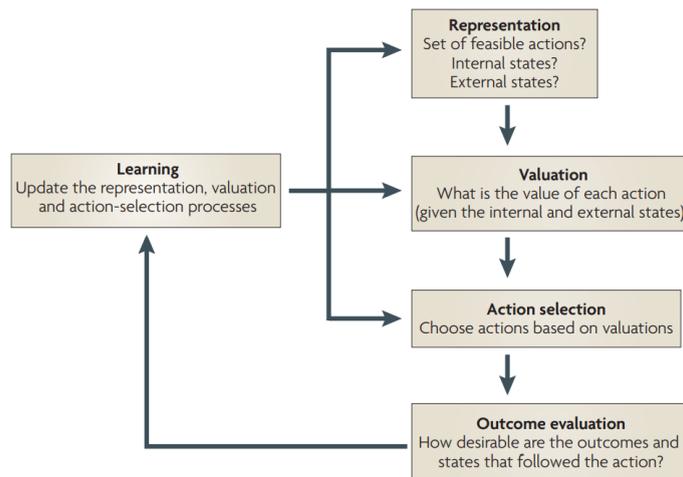
Além do progresso médico no tratamento e identificação de doenças neurais, o desenvolvimento e barateamento de técnicas de ressonância magnética permitiram, pela primeira vez, mensurar e avaliar a atividade cerebral durante a execução de tarefas cognitivas com um alto nível de precisão. Nesse cenário, foi possível questionar a hipótese de que a motivação dos agentes econômicos não pode ser observada e, desse modo, excluída do estudo da tomada de decisão (DECLERCK; BOONE, 2016), sugerindo, então, que o mesmo se dá por meio da interação entre processos automáticos e controlados no cérebro (LOEWENSTEIN; RICK; COHEN, 2008).

Assim, a neuroeconomia emerge como uma extensão natural da economia comportamental, campo que utiliza conhecimentos da psicologia cognitiva para entender o comportamento humano, e da bioeconomia, área do conhecimento caracterizada pela utilização de biologia evolutiva para construir modelos capazes de prever o comportamento humano (ZAK, 2004). Ela visa fundamentar a teoria econômica em detalhes de como o cérebro funciona quando está realizando tomadas de decisão, pensamento estratégico e trocas (CAMERER, 2007) por meio da combinação de técnicas de imagem cerebral e uso de modelos econômicos (DECLERCK; BOONE, 2016).

A tomada de decisão na neuroeconomia pode ser dividida em 5 estágios (figura 1). O primeiro estágio compreende a computação da representação de um problema no cérebro, o que implica na obtenção de informações a respeito do conjunto de ações disponíveis, do estado interno (como o nível de fome ou sede) e de estados externos (como a localização do

indivíduo e o terreno em que se encontra). De posse dessas informações, o organismo fará a avaliação da situação e atribuirá um valor interno para cada possível escolha. Essa etapa é considerada a mais importante dentro do estudo da neuroeconomia porque, uma vez entendido como funciona o mecanismo de avaliação de uma pessoa, é possível prever sua tomada de decisão. Com base na avaliação, a decisão é realizada pelo indivíduo. Após isso, há um processo de avaliação do resultado da ação, que fornece informação para o processo de aprendizagem, o que irá alterar as etapas de representação, avaliação e seleção de ação do cérebro. (RANGEL; CAMERER; MONTAGUE, 2008).

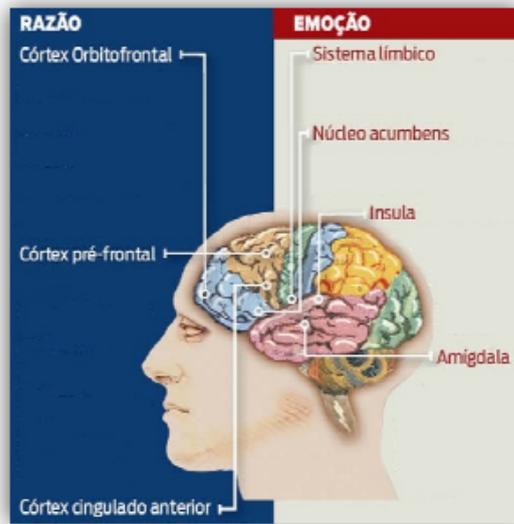
Figura 1 - Modelo de computação básico da tomada de decisão.



Fonte: RANGEL; CAMERER; MONTAGUE (2008).

No que tange à tomada de decisão econômica, algumas áreas do cérebro apresentam um protagonismo maior. As áreas relacionadas com recompensas esperadas ou realizadas são a Área Tegmentar Ventral, o Estriado Ventral, também chamado de núcleo accumbens, e o córtex pré-frontal, responsável também em funções cognitivas complexas. Já a avaliação de risco envolve áreas como o sistema límbico, região responsável por sentimentos, o córtex órbita frontal, associado ao controle inibitório, a ínsula, seção do cérebro que é ativada quando se observa emoções desagradáveis, e a amígdala, zona do cérebro que é identificadora de perigo. Já a avaliação de conflito é relacionada com a ativação do Córtex cingulado anterior, região importante para a regulação da atenção (PAIVA, 2011).

Figura 2 - Sistemas do cérebro e suas respectivas funções



Fonte: PAIVA (2011).

O método mais utilizado para obter imagens cerebrais é a ressonância magnética funcional (KENNING; PLASSMANN, 2005), que capta mudanças no campo magnético para mensurar a atividade cerebral do indivíduo enquanto o mesmo realiza alguma atividade cognitiva. Essas mudanças magnéticas são causadas pelo aumento do fluxo sanguíneo nas diferentes regiões do cérebro durante a atividade, o que aumenta a concentração de hemoglobina, que apresenta propriedades magnéticas diferentes dependendo da oxigenação do sangue (DECLERCK; BOONE, 2016). Por inferência, presume-se que o fluxo sanguíneo em uma região do cérebro está associado com o aumento localizado de atividade cerebral.

A ressonância magnética funcional apresenta uma alta resolução espacial, ou seja, cada pixel obtido nas imagens é uma representação de uma área do cérebro que mede entre 3 até 4 milímetros. Além disso, possui uma resolução temporal, tempo necessário para gerar uma imagem, relativamente baixa, variando entre 3 e 5 segundos (GLOVER, 2011). Todavia, o uso de ressonância magnética apresenta limitações para medir a atividade cerebral na escala microscópica. Cada pixel nas imagens representa um conjunto grande de neurônios, de modo que a medição neural individual se torna impossível. Além disso, a resolução temporal impede que a atividade temporária de alguns neurônios, que duram alguns milissegundos, seja indetectável (LI *et al.*, 2009).

Além disso, é possível obter imagens cerebrais por meio de tomografias por emissão de pósitrons, técnica mais invasiva do que a ressonância magnética funcional (DECLERCK; BOONE, 2016). Essa técnica consiste na ingestão ou injeção de moléculas que emitem pósitrons ao se desintegrar, como a glicose combinada com um elemento emissor de radiação, como o flúor radioativo. A distribuição e consumo dessa glicose no cérebro pode ser medida por meio da captação da radiação emitida por um equipamento que realiza um tomograma da atividade cerebral. O resultado é um tomograma, uma imagem do cérebro, cuja resolução espacial do cérebro é alta, entre 3 - 6mm, mas que carece de resolução temporal, que pode compreender de alguns minutos até frações de horas (KENNING; PLASSMANN, 2005).

Diferentemente dos métodos de ressonância magnética funcional e tomografia por emissão de pósitrons, o neuroeconomista possui também ao seu dispor o uso de estimulação magnética transcraniana repetitiva. Utilizada comumente no tratamento de depressão (WATSON; KIRKCALDIE; PAXINOS, 2010), essa técnica consiste na utilização de uma bobina eletromagnética próxima a cabeça do participante capaz de criar regiões de

despolarização ou hiperpolarização<sup>4</sup> no cérebro da pessoa, alterando a maneira com que os neurônios se comportam. Desse modo, a técnica não produz imagens cerebrais, mas altera o funcionamento de determinadas regiões do cérebro, e, ao avaliar o comportamento do indivíduo em tarefas, é possível estabelecer uma função de causa e efeito para determinada região do cérebro (DECLERCK; BOONE, 2016).

Nem todos os métodos empregados na neuroeconomia possuem como objeto de análise principal o cérebro (DECLERCK; BOONE, 2016). Pressão sanguínea, ritmo cardíaco, condutividade da pele e níveis de determinado hormônio podem ser usados como variáveis de estudo da neuroeconomia. Por exemplo, um alto nível de testosterona de uma pessoa pode estar correlacionado com uma posição de assumir riscos financeiros maiores, mesmo que os resultados não sejam significativos para todos os sexos e tipos de risco (APICELLA; CARRÉ; DREBER, 2015).

Antes do desenvolvimento dessas técnicas, o estudo do funcionamento do cérebro era fundamentado na avaliação de pessoas com lesões cerebrais e suas respectivas consequências comportamentais (GLIMCHER; FEHR, 2014). Um caso clássico datado de 1848 é o de Phineas Gage, operário de construção de ferrovias americanas, que, por acidente, foi atingido por um cano de aço na cabeça, na região do lobo frontal esquerdo (DECLERCK; BOONE, 2016). Após se recuperar do acidente, Gage ainda era capaz de ouvir, sentir, tocar, falar e caminhar, mas incapaz de planejar seu futuro, lidar com seus desejos ou entender normais sociais. (DAMASIO, 2005). Dessa forma, pode-se inferir que o lobo frontal esquerdo desempenha uma função importante nas áreas que foram afetadas após a ocorrência do acidente.

Pesquisas com neurociência podem levar a uma melhoria dos modelos econômicos no que diz respeito à capacidade de previsão do comportamento humano porque a neuroeconomia pode fornecer respostas para perguntas que a economia ainda não conseguiu responder por meio da construção de modelos econômicos de agentes racionais. Por exemplo, entender o motivo pelo qual dois indivíduos com acesso ao mesmo conjunto de informações e incentivos tomam escolhas diferentes ou como a tomada de decisão pode ser impactada pelo desenvolvimento na infância. (ZAK, 2004).

Para além do seu potencial futuro, a neuroeconomia já apresentou significativos avanços no entendimento de como o cérebro humano se comporta durante a tomada de decisões econômicas, apresentando novos conceitos ou reforçando aqueles amplamente difundidos na pesquisa convencional da economia. Por exemplo, foi observado que a utilidade subjetiva de uma recompensa monetária é diretamente proporcional à atividade cerebral observada no estriado ventral, córtex pré-frontal e córtex cingulado posterior, mas essa atividade diminui à medida em que aumenta o tempo entre a tomada de decisão e a respectiva recompensa monetária (KABLE; GLIMCHER, 2007). Isso reforça a ideia de que os agentes econômicos preferem recompensas no presente ou no curto prazo quando estão tomando decisões intertemporais.

Além disso, a neuroeconomia fornece uma base para consolidar achados da área da economia comportamental. A Teoria dos Prospectos diz respeito a uma tendência dos indivíduos de sobrevalorizar pequenas e subvalorizar grandes probabilidades (KAHNEMAN; TVERSKY, 1979). O mesmo comportamento não-linear de percepção de probabilidades pode ser visto na ativação das áreas do corpo estriado no cérebro de indivíduos que estão empenhados em escolher entre duas loterias (HSU *et al.*, 2009).

---

<sup>4</sup>De acordo com Matsuda et al (2015), o processo de despolarização apresenta um efeito excitatório na região neural em que a estimulação magnética transcraniana repetitiva é aplicada. O processo contrário, chamado de hiperpolarização, tem função inibitória da atividade dos neurônios.

## 4 NEUROECONOMIA DA COOPERAÇÃO

Por mais que a economia comportamental fornece insights sobre desvios sistêmicos na tomada de decisão de cooperar dos indivíduos, a mesma não explica o que acontece na mente humana no processo de decisão (DECLERCK; BOONE, 2016). A neuroeconomia se diferencia dos estudos de viés comportamental porque fornece um maior entendimento sobre os processos responsáveis pela tomada de decisão social dos indivíduos.

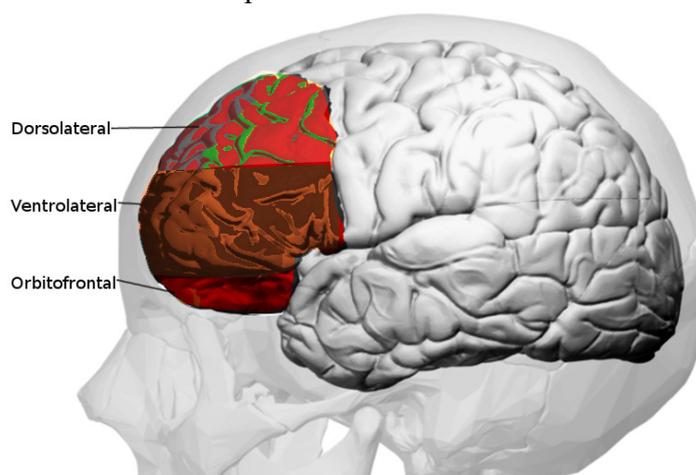
A metodologia dos estudos de neuroeconomia e cooperação consiste na avaliação da atividade cerebral quando pessoas estão cognitivamente ocupadas com a resolução de um dilema social representado por um jogo. Um dilema social pode ser definido como uma situação em que há um desencontro entre a decisão que maximiza a utilidade do indivíduo com aquela que é melhor para o bem estar da sociedade. Os jogos mais utilizados na literatura encontrada foram o dilema do prisioneiro e o jogo do ultimato.

### 4.1 ATIVIDADE DO CÓRTEX-PRÉ FRONTAL

O córtex pré-frontal é uma região do cérebro localizada na parte frontal do córtex cerebral. É uma das áreas mais desenvolvidas em humanos e está envolvida em uma variedade de funções cognitivas, incluindo a tomada de decisões. Também é responsável por integrar informações de diferentes áreas do cérebro e gerenciar as atividades em outras regiões cerebrais que estão envolvidas na tomada de decisões, como o córtex parietal e o córtex cingulado anterior. Isso permite que o córtex pré-frontal monitore continuamente a situação e faça ajustes à medida que novas informações se tornam disponíveis.

O córtex pré-frontal pode ser dividido em duas partes: O córtex pré-frontal lateral, que compreende o córtex pré-frontal dorsolateral e o ventrolateral, e o córtex pré frontal ventromedial, que também é conhecido como orbitofrontal. Cada uma dessas áreas apresenta uma função diferente. A porção lateral está associada com memória de trabalho, enquanto a porção ventromedial desempenha um papel significativo no julgamento e tomada de decisão (HATHAWAY; NEWTON, 2022).

Figura 3 - Partes do córtex pré-frontal



Fonte: Hathaway, Newton (2022).

Ao jogar o dilema do prisioneiro, na fase de escolha da decisão, é possível observar, por meio de ressonância magnética funcional, que a tomada de decisão de cooperação está relacionada com a ativação no córtex orbitofrontal lateral (RILLING *et al.*, 2002) e o córtex

córtex pré-frontal orbitofrontal medial (SUZUKI, 2011). O córtex orbitofrontal apresenta um papel significativo na tomada de decisão relacionado à integração de informações de diferentes áreas do cérebro e calcular quão recompensadora uma ação é (WALLIS, 2007).

Além disso, via estimulação magnética transcraniana repetitiva, foi possível perceber que a ativação do córtex pré frontal lateral reduziu a cooperação entre os participantes quando jogavam contra uma máquina que usava a estratégia tit-for-tat, o que demonstra que a região é importante no pensamento estratégico (SOUTSCHEK; SAUTER; SCHUBERT, 2015).

Ao tomar uma decisão e antecipar a decisão do outro jogador, a escolha de cooperar resultou em uma atividade cerebral detectada no córtex orbitofrontal. Por outro lado, foi possível observar que indivíduos que escolheram não cooperar apresentaram atividade cerebral localizada de forma mais ampla no córtex pré-frontal (THOMPSON *et al.*, 2021).

No jogo do ultimato, receber ofertas consideradas injustas e recusá-las está associado com uma atividade maior na ínsula anterior do que no córtex pré-frontal dorsolateral, o que indica um conflito entre sistemas emotivos e cognitivos. Já aceitar ofertas injustas está associado com uma ativação maior no córtex pré-frontal dorsolateral do que na ínsula (SANFEY *et al.*, 2003). Esse resultado se mantém ao utilizar estimulação magnética transcraniana. Ao induzir maior atividade no córtex pré-frontal dorsolateral, aumentou-se a proporção de pessoas que passaram a aceitar ofertas consideradas injustas, o que reforça a ideia de que essa área está relacionada com o autocontrole (WOUT *et al.*, 2005).

Mesmo na ausência de incentivos, pode-se observar que há uma motivação interna prosocial nos seres humanos. Ao jogar o Jogo dos Bens Públicos, jogo em que os indivíduos precisam tomar decisões entre contribuir com o bem estar do grupo ou ser egoísta, e analisar a atividade cerebral por meio de ressonância magnética funcional, foi possível observar que há cooperação mesmo em cenários em que não há incentivos econômicos e sociais para isso e, nesses casos, houve uma maior ativação do córtex orbitofrontal lateral (MICHELI; STALLEN; SANFEY, 2021).

#### 4.2 ATIVIDADE DA AMÍGDALA E DA ÍNSULA

Duas regiões do cérebro associadas com emoções também têm um papel fundamental na tomada de decisão de cooperação. A amígdala é uma região do cérebro que desempenha um papel importante no processamento de tomada de decisão, especialmente no que tange a acumulação de informações referente à custos (BASTEN *et al.*, 2010). Já a ínsula ajuda a avaliar a relevância emocional de estímulos e a gerar respostas emocionais apropriadas, além de estar relacionada com o medo de cooperar com um jogador que pode vir a trair (AIMONE; HOUSER; WEBER, 2014).

No dilema do prisioneiro, cooperações seguidas de traição ativam a ínsula e a amígdala (RILLING *et al.*, 2008), o que indica que ser traído no jogo gera uma reação desagradável nos jogadores. Ademais, pacientes com danos cerebrais localizados na amígdala tendem a cooperar mais porque não são capazes de avaliar corretamente situações sociais e acabam cooperando mesmo com parceiros que costumam não cooperar, o que indica que não são capazes de aprender com resultados negativos (KOSCIK; TRANEL, 2011).

Ao analisar as seções da amígdala, é possível perceber que pacientes com danos localizados na parte basolateral apresentam dificuldade em ajustar seu comportamento ao identificar jogadores injustos, bem como falta de capacidade de aprender com resultados negativos, mesmo que consigam fazer isso para retornos positivos (KOSCIK; TRANEL, 2011). Dessa forma, pode-se inferir que a ativação da seção basolateral está associada com a avaliação do resultado do jogo. Já a parte central apresenta uma ativação maior durante a fase de preparação do jogo, de forma a estar possivelmente relacionada com o comportamento de confiança no outro jogador.(SLADKY *et al.*, 2021).

### 4.3. ATIVIDADE DO ESTRIADO VENTRAL

O estriado ventral é uma estrutura neural localizada na base do cérebro e é composto por várias regiões interconectadas, incluindo o núcleo accumbens. Ele desempenha um papel fundamental na tomada de decisão, especialmente quando se trata de comportamentos motivados por recompensas (KNUTSON *et al.*, 2005).

Ao jogar o dilema do prisioneiro, é possível observar por meio de ressonância magnética uma diminuição da atividade no estriado ventral à traições de outros jogadores (quando a pessoa analisada coopera, mas a outra não), enquanto cooperações recíprocas apresentam um aumento de atividade no mesmo local (RILLING *et al.*, 2004). Todavia, quando o outro jogador é explicitamente um computador, não é possível observar a ativação do estriado ventral (RILLING *et al.*, 2002).

Ademais, doar dinheiro para a caridade é algo que está relacionado com a ativação do estriado ventral, mais especificamente no núcleo accumbens (HARBAUGH; MAYR; BURGHART, 2007), o que indica que o simples fato de cooperar com outro ser humano é, por si só, algo recompensador (DECLERCK; BOONE, 2016), e que a região processa não apenas recompensas monetárias, mas também de ordem social e afetiva (FEHR; CAMERER, 2007).

Além disso, ao observar a cooperação recíproca do outro jogador, é possível observar, via ressonância magnética funcional, que há ativação do estriado ventral, especialmente quando o outro jogador é alguém que já cooperou antes com o jogador (PHAN *et al.*, 2010). Ver a face de alguém com quem o jogador cooperou anteriormente também causa uma ativação do estriado ventral (SINGER *et al.*, 2004). Esse comportamento indica que a região cerebral está relacionada com o processo de construção de confiança entre os seres humanos.

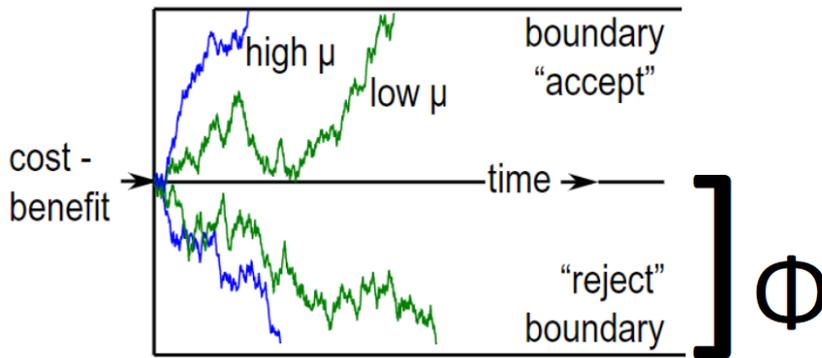
### 4.4 MODELO PARA A COOPERAÇÃO

De posse das regiões cerebrais envolvidas na tomada de decisão, pode-se elaborar um modelo que explique, de maneira teórica, como o processo de decisão em cenário de dilema social. Ele consiste na utilização de um modelo de difusão em que o córtex pré-frontal ventromedial, ou orbitofrontal, funciona como uma espécie de integrador dos custos e benefícios avaliados, respectivamente, pela amígdala e estriado ventral.

O modelo de difusão é uma representação computacional do cérebro que assume que a tomada de decisão é um processo resultante do acúmulo de evidências ao longo do tempo enquanto um agente está envolvido na escolha entre duas opções. Esse modelo pressupõe que existe um processo  $\sum$  que acumula informações ao longo do tempo e que se move a uma taxa  $\mu$ , que depende da qualidade da informação apresentada (RATCLIFF; MCKOON, 2008), em direção a um limite de decisão (RATCLIFF, 1978), cujo tamanho será chamado por  $\Phi$ .

Quando o processo  $\sum$  acumula evidência suficiente até atingir um dos dois limites, então a respectiva decisão é tomada. O tamanho  $\Phi$  dos limites de decisão representa a quantidade de evidência coletada necessária para a tomada de decisão (GUPTA *et al.*, 2022) e depende de fatores como a familiaridade com a decisão realizada (BALCI *et al.*, 2011).

Figura 4 - Modelo de difusão



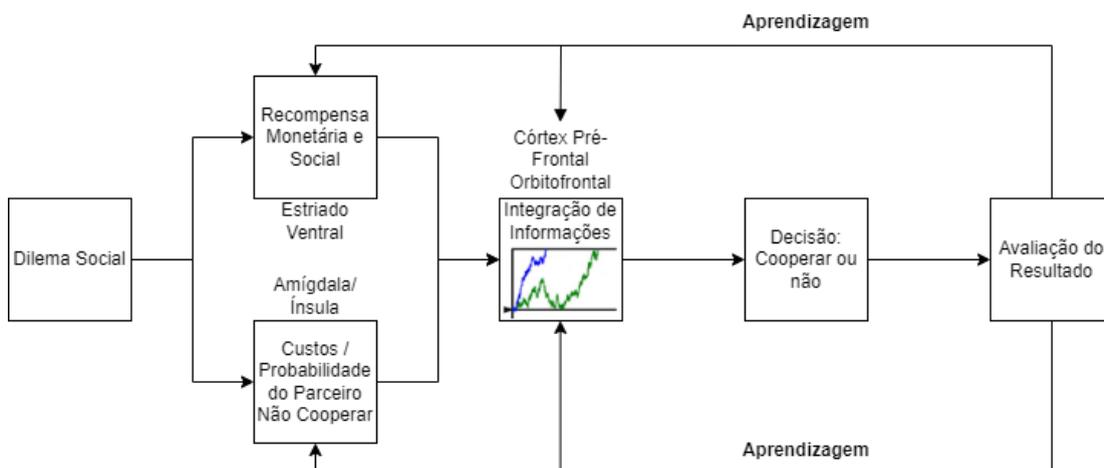
Adaptado de: BASTEN et al (2010).

Uma das principais vantagens dos modelos de difusão é que eles podem levar em consideração a variabilidade do comportamento de indivíduos diferentes. Por exemplo, algumas pessoas podem ser mais cautelosas e exigir mais evidências antes de tomar uma decisão, essas pessoas são representadas por terem um coeficiente  $\mu$  baixo ou um tamanho de limite de decisão  $\Phi$  alto. Da mesma forma, outras podem ser mais impulsivas e tomar decisões com menos evidências, com uma taxa  $\mu$  alta ou um tamanho  $\Phi$  baixo.

O modelo de difusão foi inicialmente utilizado para tratar de decisões perceptivas, como avaliar para que lado um objeto está se movendo (MAZUREK *et al.*, 2003). Todavia, esse modelo passou a ser aplicado em estudos de decisões orientadas por valor, em que é necessário realizar uma ponderação entre custos e benefícios de uma ação (MILOSAVLJEVIC *et al.*, 2010), inclusive quando a tarefa em questão envolve cooperar com outro indivíduo (HUTCHERSON; BUSHONG; RANGEL, 2015).

Esse processo de acumulação de informação ocorre no córtex pré-frontal ventromedial, e acumula informações oriundas do estriado ventral, da amígdala (BASTEN *et al.*, 2010). Essas regiões estão presentes nos estudos que envolvem cooperação e análise da atividade cerebral, o que permite inferir que o mesmo processo de avaliação de custos e benefícios, por meio de um processo de acumulação de informação, também está presente na referida tomada de decisão.

Figura 5 - Modelo para a tomada de decisão em cenário de dilema social



Fonte: Elaboração própria

Ao se deparar com um dilema social, a primeira etapa do processo de tomada de decisão é a avaliação, que consiste na atribuição de um valor de utilidade para cada conjunto de ação possível para o jogador (RANGEL; CAMERER; MONTAGUE, 2008), que nesse caso consiste em cooperar ou não com o outro indivíduo. A ativação da amígdala durante a fase de preparação do jogo (SLADKY *et al.*, 2021) pode indicar que nesse momento há a coleta de informações referentes aos possíveis custos de cooperação, enquanto a ativação da ínsula está associada com a probabilidade calculada de que o outro jogador não irá cooperar (AIMONE; HOUSER; WEBER, 2014). Já o estriado ventral irá reunir informações acerca da recompensa esperada da ação (KNUTSON *et al.*, 2005), tanto de ordem monetária quanto social (FEHR; CAMERER, 2007).

Na região do córtex pré-frontal orbitofrontal ocorre o processo de seleção da decisão por meio da integração dos dados fornecidos pela amígdala, da ínsula e do estriado ventral (BASTEN *et al.*, 2010). Assim, ao receber *inputs* referentes aos custos e benefícios de uma ação, a região passa a acumular evidências da mesma forma que pressupõe o modelo de difusão apresentado anteriormente.

Nessa etapa, pessoas mais propensas a apresentar um comportamento orientado ao bem estar social vão apresentar um coeficiente  $\mu$  alto e  $\Phi$  baixo em relação à cooperação, de modo a cooperar mais facilmente e rapidamente com o grupo. Por outro lado, pessoas mais egoístas vão apresentar um coeficiente  $\mu$  baixo e um  $\Phi$  alto para cooperação, o que indica maior facilidade para tomar decisões que as beneficiem pessoalmente, mesmo que isso irá gerar um custo social.

Situações em que há um ruído de informação ou o problema apresentado é complexo demais afetam o valor absoluto do coeficiente  $\mu$ , de modo que a tomada de decisão é mais demorada, mais custosa e menos precisa. pois o processo de integração de informação passa a ser considerado *random walk*, ou seja, uma sucessão de processos aleatórios. Prova disso é que há uma ativação maior do cérebro quando pessoas estão empenhadas em jogos mais complicados, o que indica maior esforço despendido e resulta em um nível menor de cooperação (EMONDS *et al.*, 2012).

Quando o processo de integração cessar e um dos limiares de decisão for atingido, a pessoa irá tomar a decisão e, após isso, avaliar o resultado da ação por meio da ativação de áreas responsáveis por recompensas e custos. O estriado ventral, região relacionada com recompensas sociais e econômicas, é ativado após o participante experimentar cooperação recíproca (RILLING *et al.*, 2004), indicando que a pessoa irá experimentar bem estar. Por outro lado, caso houver uma traição por parte do outro jogador, a área que é ativada é a amígdala e a ínsula (RILLING *et al.*, 2008), de modo que haverá uma reação emocional negativa por parte do jogador.

Essa reação emocional é importante para o processo de tomada de decisão, pois é utilizada como insumo para o processo de aprendizagem (RANGEL; CAMERER; MONTAGUE, 2008). A amígdala tem um papel crucial no processo de aprendizagem com resultados negativos (KOSCIK; TRANEL, 2011). Já o aprendizado por resultados positivos está relacionado com a computação de erros de predição, representados pela diferença entre a recompensa esperada com a experimentada, e apresenta um papel central no aprendizado por tentativa e erro baseado em recompensas no estriado ventral (DANIEL; POLLMANN, 2014).

Esse processo de aprendizagem pode ser modelado pela alteração dos coeficientes  $\Phi$  e  $\mu$ . Quando há reciprocidade no comportamento cooperativo, espera-se que o coeficientes  $\mu$  aumente e o  $\Phi$  diminua para a decisão de cooperar, o que implica em um reforço da decisão de cooperar. Por outro lado, quando há uma traição por parte do outro jogador, o comportamento esperado dos coeficientes é de aumento de  $\Phi$  e diminuição de  $\mu$  em relação à decisão de cooperar novamente, o que implica que é necessário um maior conjunto de informações para sustentar uma cooperação na próxima jogada.

Após o processo de aprendizagem, novos valores são atribuídos às decisões, de modo que a conduta do jogador tende a mudar, caso tenha experimentado emoções negativas, ou é reforçada, caso experimente sensações positivas. O reforço da tomada de decisão por cooperação se traduz na construção de confiança entre os jogadores, por meio da ativação do estriado ventral (PHAN *et al.*, 2010; SINGER *et al.*, 2004), da amígdala (SLADKY *et al.*, 2021) e da ínsula (AIMONE; HOUSER; WEBER, 2014), o que explica o aumento da probabilidade de cooperar quando o outro jogador também cooperou na jogada anterior (RILLING *et al.*, 2002).

O modelo proposto explica melhor as nuances da tomada de decisão dos indivíduos do que aqueles propostos pela teoria econômica porque não se baseia apenas nos incentivos econômicos, mas também nos incentivos sociais e afetivos. A avaliação da recompensa, no caso do modelo apresentado, não se dá por meio da ponderação racional entre custos e benefícios, mas sim pela integração da atividade de áreas que são relacionadas com emoções humanas como raiva, medo e bem-estar.

Esse aspecto emocional da tomada de decisão ainda é afetado por avaliações externas e internas do estado do corpo humano, como a presença de ameaças, estado emocional e contexto da tomada de decisão. Dessa forma, a maximização do bem-estar, como assumido pela teoria econômica, é uma simplificação dos processos que ocorrem no cérebro e excluem da análise variáveis emocionais e sociais que impactam a tomada de decisão.

Todavia, por se tratar de uma simplificação do processo de tomada de decisão, o modelo proposto apresenta limitações. Primeiramente, áreas que desempenham um papel importante na tomada de decisão relacionada à cooperação, como o córtex pré frontal lateral (SOUTSCHEK; SAUTER; SCHUBERT, 2015) e dorsolateral (SANFEY *et al.*, 2003) não estão presentes no modelo. Além disso, o modelo não incorpora outros aspectos possíveis que podem afetar a tomada de decisão, como a possibilidade de sinalização entre os jogadores e suas consequências no processo decisório.

Em relação aos estudos de economia comportamental que avaliam a presença de heurísticas e vieses cognitivos que podem ser explorados com o objetivo de fomentar a cooperação, o modelo proposto se diferencia no sentido de explicar as etapas do processo dessa tomada de decisão. Além disso, um maior entendimento do funcionamento do cérebro pode levar ao aprimoramento e refinamento da utilização de *nudges*<sup>5</sup> (FELSEN; REINER, 2015), inclusive no que se refere à cooperação entre indivíduos.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo teve como objetivo apresentar os recentes achados da neuroeconomia no que tange sua possível contribuição para a consolidação de modelos capazes de explicar de maneira mais fidedigna a tomada de decisão dos agentes quando se deparam com dilemas sociais. Além disso, propõe um modelo de difusão capaz de explicar as etapas da tomada de decisão no cérebro, desde a integração de custos e benefícios no córtex orbitofrontal, até o processo de aprendizagem decorrente das interações anteriores experimentadas pelo indivíduo.

De acordo com o capítulo 3, os modelos econômicos, especialmente aqueles que se baseiam na racionalidade ilimitada, apresentam uma baixa capacidade de previsão do

---

<sup>5</sup> A definição de nudge, segundo Thaler e Sunstein (2008, p. 14), é: “Nudge, na nossa concepção, é um estímulo, um empurrãozinho, um cutucão; é qualquer aspecto da arquitetura de escolhas capaz de mudar o comportamento das pessoas de forma previsível sem vetar qualquer opção e sem nenhuma mudança significativa em seus incentivos econômicos. Para ser considerada um nudge, a intervenção deve ser barata e fácil de evitar. Um nudge não é uma ordem. Colocar as frutas em posição bem visível é um exemplo de nudge. Simplesmente proibir a junk food, não.”

comportamento humano. Prova disso são as mudanças de comportamento de indivíduos quando variáveis comportamentais são alteradas, fenômeno não contemplado na teoria econômica, mas que estão inseridos dentro do arcabouço teórico da economia comportamental.

Todavia, ao analisar os estudos que se utilizam de metodologias oriundas da neurociência no capítulo 4, como a ressonância magnética funcional, estimulação magnética transcraniana ou análise de indivíduos com lesões localizadas, pode-se notar que, ao colocar pessoas em situações de dilemas sociais, quatro áreas do cérebro apresentam maior protagonismo na tomada de decisão: o córtex pré-frontal, responsável por funções cognitivas, a amígdala e a ínsula, associadas à emoções negativas, e o estriado ventral, fundamental para a tomada de decisão baseada em recompensa.

Essas quatro regiões são combinadas em um modelo capaz de proporcionar um maior entendimento da tomada de decisões dos indivíduos em cenários de dilema social, pois apresenta uma possível rota das informações no cérebro que explica a tomada de decisão dos indivíduos quando enfrentam dilemas sociais. Inicialmente, pressupõe-se que, ao se deparar com um dilema social, o estriado ventral será ativado à medida que novas informações a respeito dos benefícios, tanto sociais quanto econômicos, de uma ação são processadas. Já a amígdala aumentará sua atividade de modo a coletar informações a respeito dos possíveis custos de uma ação.

De posse dessas informações, haverá um processo de integração de informações no córtex orbitofrontal, de modo que a região, ao receber informações do estriado ventral e da amígdala, irá ponderar os custos e benefícios de uma ação. Essa comparação é representada por um modelo de difusão, em que o acúmulo de informações irá ocorrer até o momento em que um dos limiares de informação é atingido e a decisão é tomada. Após isso, o processo de aprendizagem altera os parâmetros responsáveis pela integração de informações, o que gera uma mudança de comportamento por parte do indivíduo.

A contribuição do artigo está relacionada com a sistematização e análise de artigos e estudos que se utilizam de métodos oriundos da neuroeconomia para explicar o comportamento humano, bem como na proposta de um modelo de difusão capaz de integrar custos e benefícios, tanto econômicos quanto sociais, na tomada de decisão dos indivíduos em relação a cooperar com outros. Contribui para o avanço do entendimento do comportamento cooperativo entre os seres humanos e supre lacunas da literatura no que se refere às relações entre as regiões cerebrais comumente ativadas em situações de dilema social.

Pode-se apontar, como sugestão de pesquisa futura, a validação do modelo proposto por meio de estudos empíricos, com base na metodologia empregada na neuroeconomia, de modo a reforçar, rejeitar ou expandir as regiões cerebrais utilizadas no modelo proposto neste artigo. Além disso, pode-se sugerir que futuros artigos utilizem as estruturas neurais identificadas no processo decisório em relação à cooperação para desenvolver *nudges* capazes de promover esse comportamento entre os agentes econômicos.

## REFERÊNCIAS

AIMONE, J. A.; HOUSER, D.; WEBER, B. Neural signatures of betrayal aversion: an fMRI study of trust. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, United Kingdom, v. 281, n. 1782, p. 20132127, 7 maio 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2127>. Acesso em: 24 fev. 2023.

APICELLA, C. L.; CARRÉ, J. M.; DREBER, A. Testosterone and economic risk taking: a review. **Adaptive Human Behavior and Physiology**, Germany, v. 1, n. 3, p. 358–385, set. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40750-014-0020-2>. Acesso em: 24 fev. 2023.

ÁVILA, F.; BIANCHI, A. M. (EDS.). **Guia de economia comportamental e experimental**. Tradução: Laura Teixeira Motta. 1a edição ed. São Paulo: EconomiaComportamental.org, 2015.

BALCI, F. *et al.* Acquisition of decision making criteria: reward rate ultimately beats accuracy. **Attention, Perception, & Psychophysics**, United States, v. 73, n. 2, p. 640–657, fev. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.3758/s13414-010-0049-7>. Acesso em: 24 fev. 2023.

BASTEN, U. *et al.* How the brain integrates costs and benefits during decision making. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, United Kingdom, v. 107, n. 50, p. 21767–21772, 14 dez. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.0908104107>. Acesso em: 24 fev. 2023.

CAMERER, C. F. NEUROECONOMICS: USING NEUROSCIENCE TO MAKE ECONOMIC PREDICTIONS. **THE ECONOMIC JOURNAL**, United Kingdom, p. 17, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.2007.02033.x>. Acesso em: 24 fev. 2023.

CIVALI, C.; HAWES, D. R. Game Theory in Neuroeconomics. Em: REUTER, M.; MONTAG, C. (Eds.). **Neuroeconomics**. Studies in Neuroscience, Psychology and Behavioral Economics. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2016. p. 13–37.

DAMASIO, A. R. **Descartes' error: emotion, reason, and the human brain**. London: Penguin, 2005.

DANIEL, R.; POLLMANN, S. A universal role of the ventral striatum in reward-based learning: Evidence from human studies. **Neurobiology of Learning and Memory**, United States, v. 114, p. 90–100, out. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2014.05.002>. Acesso em: 24 fev. 2023.

DECLERCK, C.; BOONE, C. **Neuroeconomics of prosocial behavior: the compassionate egoist**. Amsterdam: Academic Press is an imprint of Elsevier, 2016.

DECLERCK, C. H.; BOONE, C. The neuroeconomics of cooperation. **Nature Human Behaviour**, United Kingdom, v. 2, n. 7, p. 438–440, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41562-018-0387-3>. Acesso em: 24 fev. 2023.

DHAMI, S. S. **The foundations of behavioral economic analysis**. First edition ed. Oxford: Oxford University Press, 2016.

DUGATKIN, L. A.; REEVE, H. K. (EDS.). **Game theory & animal behavior**. New York Oxford: Oxford University Press, 1998.

EMONDS, G. *et al.* The cognitive demands on cooperation in social dilemmas: An fMRI study. **Social Neuroscience**, United Kingdom, v. 7, n. 5, p. 494–509, set. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/17470919.2012.655426>. Acesso em: 24 fev. 2023.

FEHR, E.; CAMERER, C. F. Social neuroeconomics: the neural circuitry of social preferences. **Trends in cognitive sciences**, United Kingdom, v. 11, n. 10, p. 419–427, 2007.

Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.09.002>. Acesso em: 24 fev. 2023.

FELSEN, G.; REINER, P. B. What can neuroscience contribute to the debate over nudging? **Review of philosophy and psychology**, Netherlands, v. 6, n. 3, p. 469–479, 2015.

GLIMCHER, P. W.; FEHR, E. Introduction: A Brief History of Neuroeconomics. Em: **Neuroeconomics**. [s.l.] Elsevier, 2014. p. xvii–xxviii. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374176-9.00001-4>. Acesso em: 24 fev. 2023.

GLOVER, G. H. Overview of Functional Magnetic Resonance Imaging. **Neurosurgery Clinics of North America**, United States, v. 22, n. 2, p. 133–139, abr. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.nec.2010.11.001>. Acesso em: 24 fev. 2023.

GOERG, S. J.; RAND, D.; WALKOWITZ, G. Framing effects in the prisoner’s dilemma but not in the dictator game. **Journal of the Economic Science Association**, United States, v. 6, n. 1, p. 1–12, jun. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40881-019-00081-1>. Acesso em: 24 fev. 2023.

GUPTA, A. *et al.* Neural Substrates of the Drift-Diffusion Model in Brain Disorders. **Frontiers in Computational Neuroscience**, v. 15, p. 678232, 7 jan. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fncom.2021.678232>. Acesso em: 24 fev. 2023.

HATHAWAY, W. R.; NEWTON, B. W. **Neuroanatomy, Prefrontal Cortex**. [s.l.] StatPearls Publishing, 2022. Disponível em: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499919/#\\_NBK499919\\_pubdet\\_](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499919/#_NBK499919_pubdet_). Acesso em: 24 fev. 2023.

HARBAUGH, W. T.; MAYR, U.; BURGHART, D. R. Neural Responses to Taxation and Voluntary Giving Reveal Motives for Charitable Donations. **Science**, United States, v. 316, n. 5831, p. 1622–1625, 15 jun. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.1140738>. Acesso em: 24 fev. 2023.

HARDIN, G. The Tragedy of the Commons. **Science, New Series**, United States, v. 162, n. 3859, p. 1243–1248, 1968. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.162.3859.1243>. Acesso em: 24 fev. 2023.

HSU, M. *et al.* Neural Response to Reward Anticipation under Risk Is Nonlinear in Probabilities. **Journal of Neuroscience**, United States, v. 29, n. 7, p. 2231–2237, 18 fev. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5296-08.2009>. Acesso em: 24 fev. 2023.

HUTCHERSON, C. A.; BUSHONG, B.; RANGEL, A. A Neurocomputational Model of Altruistic Choice and Its Implications. **Neuron**, United States, v. 87, n. 2, p. 451–462, jul. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2015.06.031>. Acesso em: 24 fev. 2023.

KABLE, J. W.; GLIMCHER, P. W. The neural correlates of subjective value during intertemporal choice. **Nature Neuroscience**, United States, v. 10, n. 12, p. 1625–1633, dez. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nn2007>. Acesso em: 24 fev. 2023.

KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. **Econometrica**, United States, v. 47, n. 2, p. 263, mar. 1979. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1914185>. Acesso em: 24 fev. 2023.

KENNING, P.; PLASSMANN, H. NeuroEconomics: An overview from an economic perspective. **Brain Research Bulletin**, United States, 2nd Conference on NeuroEconomics - ConNEcs 2004. v. 67, n. 5, p. 343–354, 15 nov. 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2005.07.006>. Acesso em: 24 fev. 2023.

KNUTSON, B. *et al.* Distributed Neural Representation of Expected Value. **The Journal of Neuroscience**, v. 25, n. 19, p. 4806–4812, 11 maio 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0642-05.2005>. Acesso em: 24 fev. 2023.

KOSCIK, T. R.; TRANEL, D. The human amygdala is necessary for developing and expressing normal interpersonal trust. **Neuropsychologia**, United Kingdom, v. 49, n. 4, p. 602–611, mar. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.09.023>. Acesso em: 24 fev. 2023.

LI, K. *et al.* Review of methods for functional brain connectivity detection using fMRI. **Computerized Medical Imaging and Graphics**, United States, v. 33, n. 2, p. 131–139, mar. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compmedimag.2008.10.011>. Acesso em: 24 fev. 2023.

LOEWENSTEIN, G.; RICK, S.; COHEN, J. D. Neuroeconomics. **Annual Review of Psychology**, United States, v. 59, n. 1, p. 647–672, 1 jan. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093710>. Acesso em: 24 fev. 2023.

MATSUDA, R. H. *et al.* Estimulação magnética transcraniana: uma breve revisão dos princípios e aplicações. **Revista Brasileira de Física Médica**, Brasil, v. 13, n. 1, p. 49, 2019.

MAZUREK, M. E. *et al.* A Role for Neural Integrators in Perceptual Decision Making. **Cerebral Cortex**, United Kingdom, v. 13, n. 11, p. 1257–1269, 1 nov. 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/cercor/bhg097>. Acesso em: 24 fev. 2023.

MICHELI, L.; STALLEN, M.; SANFEY, A. G. The Effect of Centralized Financial and Social Incentives on Cooperative Behavior and Its Underlying Neural Mechanisms. **Brain Sciences**, Switzerland, v. 11, n. 3, p. 317, 2 mar. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/brainsci11030317>. Acesso em: 24 fev. 2023.

MILOSAVLJEVIC, M. *et al.* The Drift Diffusion Model can account for the accuracy and reaction time of value-based choices under high and low time pressure. **Judgment and Decision Making**, United States, v. 5, n. 6, p. 437–449, out. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S1930297500001285>. Acesso em: 24 fev. 2023.

PHAN, K. L. *et al.* Reputation for reciprocity engages the brain reward center. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, United States, v. 107, n. 29, p. 13099–13104, 20 jul. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.1008137107>. Acesso em: 24 fev. 2023.

PAIVA, F. S. **O processo de decisão sob a perspectiva da economia comportamental e da neurociência**. 2013. Dissertação (Mestrado em Controle de Gestão e dos Negócios) –

Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa, Lisboa, 2013. Disponível em: [https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/2421/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_Fabiana%20Paiva\\_VFinal.pdf](https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/2421/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Fabiana%20Paiva_VFinal.pdf). Acesso em: 17 mar. 23

RANGEL, A.; CAMERER, C.; MONTAGUE, P. R. A framework for studying the neurobiology of value-based decision making. **Nature Reviews Neuroscience**, United Kingdom, v. 9, n. 7, p. 545–556, jul. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nrn2357>. Acesso em: 24 fev. 2023.

RATCLIFF, R. A theory of memory retrieval. **Psychological Review**, United States, v. 85, n. 2, p. 59–108, mar. 1978. Disponível em: <https://doi.org/10.1037/0033-295x.85.2.59> Acesso em: 24 fev.

RATCLIFF, R.; MCKOON, G. The Diffusion Decision Model: Theory and Data for Two-Choice Decision Tasks. **Neural Computation**, United States, v. 20, n. 4, p. 873–922, abr. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1162/neco.2008.12-06-420>. Acesso em: 24 fev.

RAUE, M.; SCHOLL, S. G. The Use of Heuristics in Decision Making Under Risk and Uncertainty. Em: RAUE, M.; LERMER, E.; STREICHER, B. (Eds.). **Psychological Perspectives on Risk and Risk Analysis**. Cham: Springer International Publishing, 2018. p. 153–179. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-92478-6\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-92478-6_7). Acesso em: 24 fev.

RILLING, J. K. *et al.* A Neural Basis for Social Cooperation. **Neuron**, United States, v. 35, n. 2, p. 395–405, jul. 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/s0896-6273\(02\)00755-9](https://doi.org/10.1016/s0896-6273(02)00755-9). Acesso em: 24 fev.

RILLING, J. K. *et al.* Opposing BOLD responses to reciprocated and unreciprocated altruism in putative reward pathways: **NeuroReport**, United Kingdom, v. 15, n. 16, p. 2539–2243, nov. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/00001756-200411150-00022>. Acesso em: 24 fev.

RILLING, J. K. *et al.* The neural correlates of the affective response to unreciprocated cooperation. **Neuropsychologia**, United Kingdom, v. 46, n. 5, p. 1256–1266, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.11.033>. Acesso em: 24 fev.

SABATER-GRANDE, G.; GEORGANTZIS, N. Accounting for risk aversion in repeated prisoners' dilemma games: an experimental test. **Journal of Economic Behavior & Organization**, Netherlands, v. 48, n. 1, p. 37–50, maio 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0167-2681\(01\)00223-2](https://doi.org/10.1016/S0167-2681(01)00223-2). Acesso em: 24 fev.

SANFEY, A. G. *et al.* The Neural Basis of Economic Decision-Making in the Ultimatum Game. **Science**, United States, v. 300, n. 5626, p. 1755–1758, 13 jun. 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.1082976>. Acesso em: 24 fev.

SINGER, T. *et al.* Brain Responses to the Acquired Moral Status of Faces. **Neuron**, United States, v. 41, n. 4, p. 653–662, fev. 2004. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/s0896-6273\(04\)00014-5](https://doi.org/10.1016/s0896-6273(04)00014-5). Acesso em: 24 fev.

SLADKY, R. *et al.* Basolateral and central amygdala orchestrate how we learn whom to trust.

**Communications Biology**, United Kingdom, v. 4, n. 1, p. 1329, 25 nov. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s42003-021-02815-6>. Acesso em: 24 fev.

SOUTSCHEK, A.; SAUTER, M.; SCHUBERT, T. The Importance of the Lateral Prefrontal Cortex for Strategic Decision Making in the Prisoner's Dilemma. **Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience**, United States, v. 15, n. 4, p. 854–860, dez. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.3758/s13415-015-0372-5>. Acesso em: 24 fev.

STRAFFIN, P. D. **Game theory and strategy: by Philip D. Straffin**. Washington: Mathematical Association of America, 1993.

THALER, R. H.; SUNSTEIN, C. R. **Nudge: improving decisions about health, wealth, and happiness**. New Haven: Yale University Press, 2008.

THOMPSON, K. *et al.* The Prisoner's Dilemma paradigm provides a neurobiological framework for the social decision cascade. **PLOS ONE**, United States, v. 16, n. 3, p. e0248006, 18 mar. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248006>. Acesso em: 24 fev.

TVERSKY, A. and KAHNEMAN, D. Judgment under uncertainty: Heuristics and biases: Biases in judgments reveal some heuristics of thinking under uncertainty. **Science (New York, N.Y.)**, United States, vol. 185, no. 4157, p. 1124–1131, 1974. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.185.4157.1124>. Acesso em: 24 fev.

TVERSKY, A.; KAHNEMAN, D. The Framing of Decisions and the Psychology of Choice. **Science**, United States, v. 211, n. 4481, p. 453–458, 30 jan. 1981. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.7455683>. Acesso em: 24 fev.

WANG, Z. *et al.* Exploiting a cognitive bias promotes cooperation in social dilemma experiments. **Nature Communications**, United Kingdom, v. 9, n. 1, p. 2954, 27 jul. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41467-018-05259-5>. Acesso em: 24 fev.

WATSON, C.; KIRKCALDIE, M.; PAXINOS, G. **The brain: an introduction to functional neuroanatomy**. 1st ed ed. Amsterdam Boston: Elsevier/Academic, 2010.

WOUT, M. VAN 'T *et al.* Repetitive transcranial magnetic stimulation over the right dorsolateral prefrontal cortex affects strategic decision-making. **NeuroReport**, United Kingdom, v. 16, n. 16, p. 1849–1852, 7 nov. 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/01.wnr.0000183907.08149.14>. Acesso em: 24 fev.

ZAK, P. J. Neuroeconomics. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, United Kingdom, v. 359, n. 1451, p. 1737–1748, 29 nov. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1544>. Acesso em: 24 fev.