SINERGIA

REVISTA DO INSTITUTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS, ADMINISTRATIVAS E CONTÁBEIS (ICEAC)

NEUROECONOMIA: PERSPECTIVA HISTÓRICA, PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES E INTERPRETAÇÕES PARA A TEORIA ECONÔMICA

DINORÁ BALDO DE FAVERI*
MAX CARDOSO DE RESENDE**

RESUMO

Este artigo faz um levantamento da literatura existente sobre neuroeconomia, com o objetivo de apresentar as suas descobertas e visões do comportamento humano e como elas se diferenciam da abordagem clássica, em especial, no processo de tomada de decisão. As descobertas da neuroeconomia permitem indagar a abordagem tradicional da aversão ao risco, preferência temporal e altruísmo através do uso de técnicas de medição de atividade cerebral que realçam as partes do cérebro envolvidas na resolução de problemas. Entre as principais contribuições, destacam-se: (i) a premissa de utilidade direta dada ao dinheiro, contrário ao suposto pela economia clássica, ao mostrar que os efeitos dos neurotransmissores (hormônios) são ativados por uma grande variedade de elementos reforçadores, como rostos de pessoas atraentes, desenhos, carros esportivos, cocaína e dinheiro em espécie, e; (ii) o processo de tomada de decisão é, na verdade, uma questão de entendimento de como o corpo e o cérebro respondem e usam informação sobre incerteza. Destaca-se, também, que, embora a neuroeconomia seja um campo de estudo relativamente novo, suas contribuições se enaltecem pelo fato de fornecer novas formas de analisar o processo decisório e aprofundar o debate sobre o comportamento dos agentes quanto às suas escolhas.

Palavras-chave: Neuroeconomia; Escolha do consumidor; Tomada de decisão.

ABSTRACT

This article surveys the existing literature on neuroeconomics from a historical perspective, presenting its main contributions and interpretations for traditional economic theories. The findings of neuroeconomics allow us to inquire into the traditional approach to risk aversion, temporal preference and altruism through the use of brain activity measurement techniques, which highlight the parts of the brain that are involved in problem-solving or decision making. The main contributions are: (i) the assumption of direct utility given by money, contrary to the assumption of classical economics, has shown that the effects of neurotransmitters (hormones) are activated by a wide variety of reinforcing elements, such as faces attractive people, cartoons, sports cars, cocaine and cash, and; (ii) the decision-making process is actually a matter of understanding behavior and requires knowledge of how body and brain respond and use information about uncertainty. It is also noted that although neuroeconomics is a relatively new area of study, its contributions are praised for providing new ways of analyzing the decision-making process and enriching the debate over agent behavior regarding their choices.

Keywords: Neuroeconomics; Consumer choice theory; Decision making.

Recebido em: 01-06-2019 Aceito em: 17-09-2019

1. INTRODUÇÃO

O tradicional modelo econômico de escolha do consumidor, ao definir o agente econômico como tomador de decisão racional que dispõe de informação completa, em algumas situações, se apresenta insuficiente para explicar determinados fenômenos inerentes à escolha humana. Segundo Kahneman (2012), economistas experimentais afirmam que as decisões são definidas pelo modo como as alternativas são apresentadas e não há uma regra que as caracterizam. Além disso, fatores de origem psicológica e biológica (BARBER e ODEAN, 2001; GLIMCHER et al., 2009), juntamente com fatores que associam as emoções e a cognição (BECHARA e DAMÁSIO, 2005), começaram a ser considerados na teoria econômica, visando obter um melhor entendimento do processo de tomada de decisão (NICHOLSON e SNYDER, 2011). A inclusão desses fatores foi possível devido aos avanços que a área experimental

* Doutora em Economia pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestra em Economia pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Graduada em Administração pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). E-mail: dinora.faveri@udesc.br
** Doutor em Economia pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Economia pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Graduado em Ciências Econômicas pela PUC-SP.

alcançou ao longo do tempo, considerando mais os aspectos psicológicos que outrora foram deixados em segundo plano.

O desenvolvimento da neurociência, aliado ao incremento tecnológico para a resolução de imagens do cérebro e a convergência interdisciplinar da psicologia, biologia e economia, fez surgir uma nova maneira de analisar questões sobre a heterogeneidade das preferências, a escolha intertemporal do indivíduo, o modo como se dão os processos de tomada de decisão sobre risco e incerteza, como o corpo interpreta as informações que recebemos no dia a dia etc. Conforme Glimcher et al. (2009), essa nova realidade no estudo dos processos de escolhas econômicas é o que define esse novo ramo de pesquisa, conhecida como neuroeconomia.

A teoria econômica neoclássica sobre o consumo considera a utilidade em termos de preferências axiomáticas e recompensas determinísticas, o que possibilita a existência do conceito de *homoeconomicus,* que define o homem como sendo um ser racional com capacidade de decidir visando à maximização dos lucros, ponderação dos custos e benefícios antes de tomar alguma decisão. Entretanto, uma vez que se reconhece que as decisões humanas não são perfeitamente racionais, recorre-se à psicologia, à biologia e à análise experimental para a melhor compreensão do comportamento econômico, de modo que surge um novo indivíduo, o *homoneuroeconomicus.* Essa nova concepção de indivíduo o descreve como incapaz de tomar boas decisões na maioria das vezes; um ser emocional; um ser vingativo, com dificuldades em compreender as reais razões para as decisões de consumo (NETO e FILIPE, 2011).

A neurociência, além de estudar a anatomia cerebral humana, se preocupa em verificar quais partes do cérebro são ativadas em cada tipo de estímulo para depois descobrir como se processam as tarefas, com o auxílio de técnicas de medição de atividade cerebral, tais como, Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET), Ressonância Magnética funcional (fMRI) e Eletroencefalograma. Entre alguns resultados, tem-se que, na teoria dos jogos de cooperação estratégica, os agentes que mais cooperam entre si apresentam uma maior ativação da área do córtex pré-frontal e do sistema límbico (responsável pelas emoções). E, também, em um jogo de ultimato, com ofertas muito injustas, existe um conflito entre o desejo de aceitar o prêmio por causa da recompensa planejada (córtex pré-frontal) e de não gostar da injustiça percebida (Insula) (EEG) (CAMERER, OEWENSTEIN e PRELEC, 2005; PAIVA, 2013).

Assim, a tomada de decisão consiste em um processo de escolha entre várias alternativas possíveis e não é sempre que os indivíduos maximizam a utilidade por conta do forte domínio de variáveis comportamentais no processo de decisão. Dessa maneira, devido aos desvios comportamentais observados nas escolhas econômicas, emerge a contribuição da neurociência na economia comportamental, com um aparato tecnológico para descobrir como o cérebro funciona no momento da tomada de decisão, como, por exemplo, através de instrumentos para capturar imagens neurais.

Apesar de a neuroeconomia fazer parte de um campo de estudo relativamente recente, suas contribuições se enaltecem pelo fato de fornecerem novas formas de analisar o processo decisório e, assim, ajudar a teoria econômica no entendimento mais aprofundado, no que diz respeito ao comportamento dos agentes econômicos quanto às suas escolhas. Portanto, na medida em que a reestruturação de modelos econômicos foi desencadeada por desafios para a racionalidade axiomática, julga-se oportuno e necessário apresentar as possíveis contribuições advindas da neurociência e da neuroeconomia para esse tema. Destarte, o objetivo deste trabalho é descrever, a partir de um levantamento da literatura, o que esses pesquisadores fazem, as ferramentas tecnológicas utilizadas e como suas descobertas e visões de comportamento humano se diferenciam da abordagem clássica e são aplicadas na economia, em especial, no processo de tomada de decisão.

O artigo está estruturado em cinco seções. A primeira consiste nesta introdução; a segunda descreve a perspectiva histórica em relação ao surgimento da neuroeconomia; a terceira seção trata do cérebro e das principais técnicas de medição de atividade cerebral utilizadas pela neuroeconomia; a quarta seção apresenta uma revisão dos principais trabalhos que correlacionam neurociência e economia e, por fim, a quinta seção expõe as considerações finais.

2. PERSPECTIVA HISTÓRICA

Tradicionalmente, o nascimento da ciência econômica é atribuído a Adam Smith (1723-1790), a partir da publicação 'A Riqueza das Nações' em 1776, em que descreveu vários *insights* psicológicos para compreender o comportamento de escolha e de mercado, tais como autointeresse, egoísmo inato dos homens e o utilitarismo, estabelecendo princípios psicológicos e sociais ao comportamento econômico. Ao lado de autores como Thomas Malthus (1766-1834), David Ricardo (1772-1823), Karl Marx (1818-1883), entre outros, formou a primeira escola de pensadores econômicos, conhecida como Escola Clássica. Com o surgimento da Escola Neoclássica (ortodoxa), a partir dos anos 1870, caracterizada pela revolução marginalista e pela teoria da escolha racional, León Walras (1834-1910) e Alfred Marshall (1842-1924) direcionaram a análise econômica para as necessidades dos homens, satisfação e valorização subjetiva dos bens, a partir de escalas de preferência concorrentes expressas por curvas de indiferenças.

Com a eclosão da Grande Depressão de 1929 e das guerras mundiais, a ortodoxia perde espaço por não dar explicações sobre como contornar os efeitos deletérios graves oriundos desses eventos. Assim, a revolução Keyneisana rompe com a tradição ortodoxa e apresenta conceitos como a propensão para o consumo e o espírito animal dos empresários que interferiam nas decisões de investimento e foram fundamentados na psicologia e dominaram os temas referentes à política cambial e fiscal até os anos 1960.

Concomitantemente a esse paradigma, a partir de 1930, Paul Samuelson (1915-2009), Kenneth Arrow (1921-2017) e Gérárd Debreu (1921-2004) iniciaram pesquisas que buscavam introduzir o arcabouço matemático nas escolhas dos consumidores e no comportamento do mercado, o que culminou na formulação do axioma de preferência revelada fraca e no desenvolvimento da teoria da utilidade esperada (TUE). Esta teoria constitui uma importante ferramenta no estudo da tomada de decisão sob condições de risco, tendo como suposição que os indivíduos fazem escolhas de forma racional e vem sendo submetida a inúmeros estudos experimentais, evidenciando inconsistências nas escolhas e, portanto, violando os axiomas. Nesse sentido, a partir da descoberta dessas anomalias e de conhecimentos na psicologia comportamental, foi criada a Teoria do Prospecto, que consiste em um modelo alternativo de decisão sob risco (GLIMCHER et al., 2009; KAHNEMAN e TVERSKY, 2013).

Dessa maneira, cabe destacar que a Teoria do Prospecto difere da TUE em dois principais aspectos: ponto de referência e função valor. Enquanto a função utilidade (teoria da utilidade esperada) considera como ponto de referência o estado final de riqueza, a função valor (teoria do prospecto) é definida sobre ganhos e perdas em relação a um ponto de referência. A função valor não é ponderada por probabilidades propriamente ditas, mas por uma função ponderação de probabilidades que representa a importância que cada pessoa atribui ao prospecto. A forma da função valor e da função ponderação reflete de modo que a sensibilidade psicológica dos tomadores de decisão tende a diminuir, isto é, o impacto marginal de uma mudança no resultado ou na probabilidade diminui com a distância dos pontos de referência relevantes, tornando a função menos inclinada.

Supõe-se, nesse caso, que a função valor é côncava no campo dos ganhos e convexa no campo das perdas. A função valor (côncava) nos ganhos é semelhante à TUE em que a pessoa mostra-se avessa ao risco. Entretanto, no campo das perdas, a função valor (convexa) está relacionada com a propensão ao risco. Por exemplo, estudos têm demonstrado que investidores apresentam desvios ou erros sistemáticos no processo de tomada de decisão. Esses erros, além de estarem em desacordo com o preconizado em finanças modernas ou TUE (desconsideram a emoção), são denominados de ilusão cognitiva (GLIMCHER *et al*., 2009; KAHNEMAN e TVERSKY, 2013).

Com efeito, o surgimento da neuroeconomia é resultado da interação entre economistas experimentais e psicólogos cognitivos que, embora estejam em áreas do conhecimento separadas, juntaram-se cada qual com sua visão para contribuir da sua maneira e, com o auxílio de imagens do cérebro, para testar e desenvolver alternativas à teoria neoclássica em relação à tomada de decisão (GLIMCHER *et al*., 2009).

Os trabalhos de Breiter *et al.* (2001) e McCabe *et al*. (2001) foram marcos para essa nova interpretação, pois suas argumentações evidenciaram que as falhas axiomáticas da abordagem tradicional provavelmente refletiam em restrições neurobiológicas sobre os processos responsáveis pela tomada de decisão, com base em uma análise algorítmica do mecanismo físico de escolha que, até então, não era aceita. A primeira pesquisa fez uso da imagem funcional ressonância magnética fMRI aplicada a um jogo semelhante à loteria, enquanto a segunda analisou o comportamento cerebral de indivíduos em um jogo estratégico.

McCabe *et al*. (2001) foram os primeiros a utilizar a teoria dos jogos em um experimento neurobiológicos, em que os indivíduos participavam de um jogo de confiança, ora contra um oponente humano anônimo, ora contra um computador. Os resultados revelaram que algumas partes do córtex pré-frontal são ativadas de forma diferente sob algumas das condições, tornando-se mais ativas quando os indivíduos desempenham uma estratégia cooperativa. Os autores concluíram que o padrão não normativo da cooperação tem a sua origem nos circuitos do córtex pré-frontal (GLIMCHER *et al*., 2009).

Vários outros trabalhos enfatizando a teoria da decisão normativa e a neurobiologia, tais como (BARBERIS, e HUANG, 2001; MONTAGUE, READ, e BERNS, 2002; BARBERIS e RICHARD, 2003) foram publicados, o que levou a um debate sobre o papel de neurotransmissores – dopamina e adrenalina – no processo de avaliação da recompensa e na interação de pessoas para atingir um objetivo comum. Nesse contexto, Kosfeld et al., (2005) e Fehr e Camerer (2007) verificaram o nível de oxitocina em participantes de um jogo de confiança antes do início das jogadas e concluíram que os jogadores (investidores) com nível mais elevado de oxitocina enviaram mais dinheiro para os administradores do jogo de confiança do que aqueles que receberam placebo, isto é, a oxitocina eleva o grau de confiança do jogador.

Em conformidade com Kahneman (2012), durante muito tempo, psicólogos têm se preocupado em explicar como os indivíduos pensam e formam suas decisões. Os seres humanos apresentam duas formas de pensar (Teoria do Sistema Dual), as quais são denominas de Sistema 1 e Sistema 2. O primeiro age de

forma rápida, intuitiva e impulsiva e é responsável pelos vieses nas escolhas auferidas, enquanto o segundo tem crenças, realiza escolhas, toma decisões e é racional. Tem-se, então, que o Sistema 1 experimenta sensações sem esforço (estas sensações originam as crenças e as escolhas feitas pelo Sistema 2). Apesar de o Sistema 1 ser o responsável por criar padrões de ideias complexas, é o Sistema 2 que, por ser mais lento, tem capacidade de desenvolver pensamentos sistematizados.

O processo de tomada de decisão pode envolver os dois sistemas, o que varia é o grau de envolvimento de cada um, dependendo do tipo de decisão. Parte considerável das decisões são feitas exclusivamente pelo Sistema 1, por se tratar de decisões automáticas ou de rotina, porque já foram realizadas repetidas vezes. Enquanto o Sistema 1 envia sugestões (tais como sentimento e impulso) para o Sistema 2, este, por sua vez, decide se os sentimentos se transformam em crenças e os impulsos em ações voluntárias. Normalmente, o sistema 2 se envolve pouco no processo decisivo em que as pessoas se satisfazem com suas impressões e desejos. Por outro lado, em situações que envolvem um processo mais complexo de tomada de decisão, ou seja, processos que necessitam de esforço mental, o Sistema 2 é acionado pelo Sistema 1 (KAHNEMAN, 2012).

Em algumas situações, os indivíduos utilizam apenas o pensamento intuitivo porque é fácil e rápido para tomarmos alguma decisão. Em outras, por exemplo, em um cálculo de multiplicação mais complexo, não é possível decidir de forma tão rápida, sendo necessário algum esforço. Em um primeiro momento, busca-se, na memória, o processo que já se tem conhecimento (aciona-se o Sistema 1) e, em um segundo momento, entra em ação o Sistema 2, que realiza os cálculos de forma lenta e ordenada e, por consequência, o corpo reage com o aumento da pressão arterial e da frequência cardíaca e as pupilas se dilatam. Segundo o autor, os erros intuitivos não são fáceis de serem evitados, porém, se o Sistema 2 estiver em alerta, pode ajudar o indivíduo a percebê-lo e a modificar sua decisão.

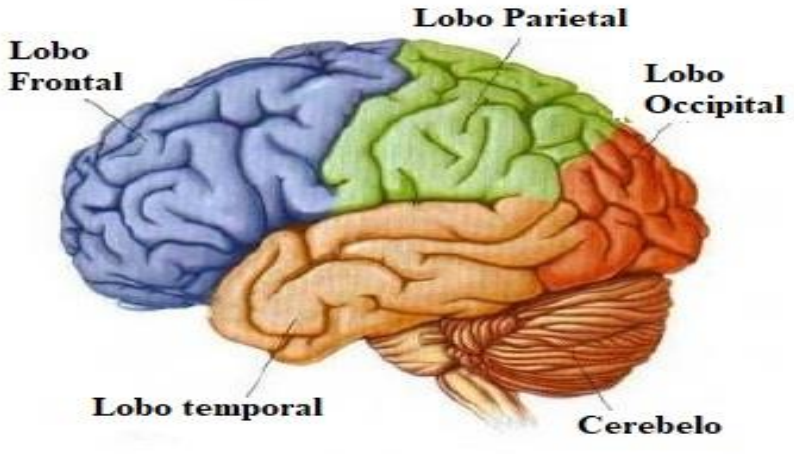
Em termos de decisão de consumo intertemporal, Hershfield *et al*. (2011) reconhecem que as pessoas têm um fator de desconto do futuro elevado e não são boas em predizer tendências e valores futuros, por isso, normalmente, as decisões de renda e consumo são processadas no Sistema 1, o que pode explicar as baixas taxas de poupança para fins de aposentadoria. Esse estudo, assim como os apontamentos de Kahneman (2012), critica a hipótese da renda permanente de Friedman e a Teoria do Ciclo de Vida de Modigliani, que supõe racionalidade econômica dos agentes no planejamento dos níveis de poupança e consumo.

3. O CÉREBRO HUMANO

Existem, aproximadamente, 100 mil milhões de neurônios no cérebro humano e cada um deles está ligado a cerca de 1.000 a 10.000 outros neurônios. O cérebro pesa em torno de 1,5kg, sendo que o tecido cerebral é separado em massa cinzenta (neurônios) e substância branca (axônios e dendritos-conexões entre neurônios). A massa cinzenta corresponde a 40% do cérebro e consome 94% do oxigênio disponível para as ações (pulsos elétricos) que permitem que os neurônios se comuniquem. A região denominada córtex é responsável pelo processamento da informação e pelas funções mentais como a atenção, consciência, memória, linguagem e inteligência (CAMERER, OEWENSTEIN e PRELEC, 2005; KAHNEMAN, 2012).

O cérebro se divide em quatro partes essenciais: o lobo frontal, parietal, temporal e occipital, expostas na Figura 1, e, em cada lóbulo, diversas funções são executadas. No lobo frontal, ocorre o planejamento e o controle cognitivo — linguagem e atividade motora — e a integração de inputs cerebrais. O lobo parietal é responsável pela ação motora; o lobo occipital é responsável pelo processamento visual, e, no lobo temporal, concentra-se a memória, audição e, também, o reconhecimento das emoções (CAMERER, OEWENSTEIN e PRELEC, 2005; KAHNEMAN, 2012).

Figura 1 – Lóbulos Cerebrais



Fonte: (PAIVA, 2013)

Apesar de existir uma divisão dos lóbulos, os neurônios estão interligados e as decisões são tomadas de forma integrada. Quando um corretor pergunta se uma pessoa quer contratar seguro contra terremotos, o lobo occipital carrega imagens de uma casa destruída, o lobo temporal sente negativas emoções e o lobo frontal recebe o sinal emocional. Esses fatores terão um peso importante na decisão de contrair ou não o seguro contra terremotos, ou seja, o indivíduo analisa o custo-benefício para então tomar a decisão. Caso o indivíduo decida que é necessária mais informação sobre o seguro, o lobo frontal se ativará, enquanto o lobo parietal coordena seus movimentos para pegar o telefone (CAMERER, OEWENSTEIN e PRELEC, 2005; CAMARGO, 2012).

Estudos têm demostrado que o cérebro toma uma decisão milésimos de segundos antes de ter consciência da ação. Nesse sentido, a ação de um consumidor na hora de decidir se compra ou não é um processo físico-químico interno e não externo. Essa 'antecipação cerebral' age como um mecanismo de defesa, pois, em algumas situações, não há tempo para pensar apenas se deve agir (CAMARGO, 2012; GLIMCHER e FEHR, 2013).

Com efeito, existem três áreas do cérebro que mais se ativam quando recompensas ou benefícios estão em jogo:

- Área tegmentar ventral: parte que contém um conjunto de neurônios localizados no centro do cérebro, que recebe informações diversas, indicando o quanto as necessidades são satisfeitas; e, também, é onde surgem as sensações de satisfação e de prazer. Em seguida, ela envia essas informações para o núcleo accumbens;
- Estriado ventral ou núcleo accumbens: responsável pelas sensações de prazer e de recompensa, que funciona praticamente com dois neurotransmissores: a dopamina (desejo) e a serotonina (saciedade e inibição);
- Córtex pré-frontal: Envolvido em funções cognitivas mais complexas, além de gerir funções executivas e de memória, é responsável pelo estado de alerta, pelo estresse e pela emoção, e é ativado nas tarefas envolvendo cálculos, problemas e emoções.

Para avaliar o risco, o cérebro ativa as seguintes áreas:

- Sistema límbico: região onde se processam os sentimentos, que é ativada assim que percebe a possibilidade de custos e benefícios imediatos;
- Córtex orbito frontal: relativo ao controle inibitório do comportamento que interfere no processo de tomada de decisão, além de ser responsável por funções de linguagem, consciência e planejamento de longo prazo
- Ínsula: Área do córtex inferior que se ativa nos estados emocionais negativos, principalmente raiva e nojo. É considerada a intérprete do cérebro, traduzindo sons, cheiros, sabores, emoções, sentimento, desejos, culpa ou empatia. Quando a insula está no comando, os indivíduos podem agir contra seus próprios interesses. Sob certas circunstâncias, como incerteza, injustiça ou expectativa de gratificação, a insula entra em ação e a racionalidade deixa de existir;
- Amígdala: Identifica as sensações de medo e ansiedade e armazena as reações instintivas em relação a ambas.

Na amígdala central, encontra-se uma estrutura de aversão à perda, que, por sua vez, também relaciona o medo ao risco, controlando mecanismos de inibição do comportamento que poderão ser nocivos

para o organismo. Os indivíduos têm mais medo de perder uma determinada quantia do que vontade de ganhar a mesma quantia, ou seja, ponderam mais as perdas do que os ganhos. Assim que o cérebro detecta que houve um ganho potencial, ativa-se o sistema responsável pela recompensa; da mesma forma, quando a decisão envolve possíveis perdas, o sistema de aversão à perda é acionado visando proteger o organismo. Ressalta-se que apenas é possível verificar padrões de comportamento e não o funcionamento do sistema em cada indivíduo (CAMARGO, 2012).

3.1 Técnicas para medição de atividade cerebral

Até pouco tempo atrás, não era possível saber como as reações nervosas aconteciam no cérebro de forma experimental. Saber como o processo de decisão ocorre é importante por pelo menos duas razões: (i) entender os limites da capacidade dos indivíduos em calcular decisões ótimas e; (ii) entender as heurísticas[1] usadas para superar tais limites. Muitos resultados da neuroeconomia são resultados de uso de tecnologias não invasivas que monitoram as respostas cerebrais enquanto as tarefas são feitas e, ao mesmo tempo, identificam as partes responsáveis por tais comportamentos (CAMERER, 2007).

Partes consideráveis das pesquisas em neuroeconomia são feitas com o uso de fMRI (imagens por ressonância magnética funcional) ou de PET (tomografia por emissões de pósitrons), sendo que ambas geram alta resolução espacial da atividade cerebral. No entanto, a atividade no cérebro também pode ser mensurada usando outros métodos como TMS (estimulação magnética transcraniana), *eye tracking* e sangue (CAMARGO, 2012; GLIMCHER e FEHR, 2013).

A partir das imagens cerebrais, é possível comparar os indivíduos fazendo tarefas diferentes, por exemplo, uma experimental e outra de controle. Apresenta-se, a seguir, algumas das ferramentas que mais são utilizadas:

- Eletroencefalograma (EEG): técnica mais antiga que mede a atividade cerebral espontânea, captada através de elétrodos presos ao couro cabeludo. Apresenta como vantagens menor custo de hardware, alta resolução temporal e maior tolerância a movimentos, entretanto, tem baixa resolução espacial e mede apenas atividade na superfície do cérebro (CAMERER, BHATT e HSU, 2007; PAIVA, 2013);
- Magnetoencefalografia (MEG); refere-se à medição dos campos magnéticos associados à atividade elétrica cerebral. É uma técnica não invasiva que também avalia o impulso nervoso. Assemelha-se à resolução temporal do EEG (PAIVA, 2013);
- Estimulação transcranial por corrente contínua (TDCS): técnica não invasiva para modular a função cerebral através de corrente contínua e para compreensão do papel do córtex pré-frontal. A depender da polaridade e da intensidade, diversos efeitos podem ser detectados, por exemplo, uma redução da atividade dessa área gera um comportamento de propensão ao risco (CESAR *et al.,* 2011);
- Estimulação transcranial magnética (TMS): técnica não invasiva que estimula o cérebro, a partir de áreas específicas do córtex através, de pulsos magnéticos que alteram a função cerebral. Esta técnica permite a comparação entre o antes e o depois da excitação cortical (CESAR *et al*., 2011);
- Tomografia por emissão de pósitrons (PET): técnica de imagem baseada no fluxo sanguíneo – *proxy* para atividade cerebral –, a partir do uso de um marcador radioativo. Apesar de ser a única técnica que permite o rastreamento de alterações químicas no cérebro, a desvantagem mais importante reside na dificuldade de reconstruir a concentração local do rastreador a partir da detecção coincidente, o que exige uma análise estatística sofisticada (CAMARGO, 2012; GLIMCHER e FEHR, 2013);
- Ressonância magnética funcional (fMRI): técnica de neuroimagem, tradicional em diagnósticos médicos, que mede a atividade cerebral por meio do fluxo de sangue oxigenado. A técnica trabalha por meio de testes de correlação entre a alteração da oxigenação do sangue e a correspondente região do cérebro na qual os sinais se concentram. A resolução espacial é superior à PET, porém com pouca capacidade de identificar o fluxo de atividade cerebral, exigindo repetição nos testes com mais frequência (KABLE, 2011; GLIMCHER e FEHR, 2013).

As técnicas possuem pontos convergentes e divergentes e a sua utilização depende muito do objetivo de cada experimento. Todavia, a ferramenta fMRI é a mais utilizada em neuroeconomia, sobretudo, em experimentos que avaliam as correlações neurais e diferentes tipos de escolha em um contexto de teoria de utilidade esperada e teoria dos jogos de cooperação estratégica (MACKILLOP *et al*, 2014; GRAY *et al.*2017).

[1] Procedimento utilizado para encontrar respostas adequadas, ainda que geralmente imperfeitas, para perguntas difíceis. A palavra vem da mesma raiz que heureca.

Note que as principais vantagens do uso desses equipamentos e procedimentos padronizados são o alto controle de variáveis de ambiente e de validação interna. Todavia, o uso desses procedimentos e o conhecimento do experimento modificam o ambiente, reduzindo o potencial de generalização externa e gerenciamento de vieses, em decorrência da consciência do agente econômico de estar sendo examinado. Também, a não aleatoriedade amostral contribui para a diminuição do poder preditivo do experimento.

4. AS IMPLICAÇÕES DA NEUROCIÊNCIA À ECONOMIA

O desenvolvimento da neurociência, aliado ao incremento tecnológico para a resolução de imagens do cérebro e a convergência interdisciplinar da psicologia, da biologia e da economia, fez surgir uma nova maneira de analisar questões sobre a heterogeneidade das preferências; a escolha intertemporal do indivíduo; o modo como se dão os processos de tomada de decisão sobre risco e incerteza; a forma como o corpo interpreta as informações que recebemos no dia a dia etc. Esta nova abordagem inserida no estudo dos processos de escolhas econômicas é o que, para Glimcher (2009), define esse novo ramo de pesquisa, conhecida como neuroeconomia.

A neuroeconomia vai de encontro à visão neoclássica da economia que é moldada em axiomas, em preferências simétricas e imutáveis, em racionalidade perfeita e na maximização da utilidade esperada. Sendo assim, para adicionar valor à economia, a neurociência precisa sugerir novas introspecções para os problemas enfrentados pela economia tradicional. Nesse sentido, Camerer, Oewenstein e Prelec (2005) e Kahneman (2012) mostram que as novas descobertas da neurociência fazem surgir poderosas indagações sobre a visão tradicional em relação à aversão ao risco, à preferência temporal e ao altruísmo.

Saber que o cérebro resolve problemas e saber quais sistemas, dentre os que possue, são utilizados para esta finalidade, traz importantes desafios na questão de como as pessoas se diferem umas das outras quando se trata de economia comportamental. Economistas tradicionais classificam indivíduos em características, tais como preferência temporal, preferência a risco e altruístas, qualidades estas que se mantêm estáveis e consistentes ao longo do tempo. Contudo, evidências empíricas mostram que tais características são pouco correlacionadas para as mais diversas situações. Essas inconsistências resultam, em parte, do fato de que preferências são classificadas como estado-contingente e de que as pessoas podem não reconhecer este fato, o que promove implicações importantes na questão da diferenciação intertemporal (NETO e FILIPE, 2011).

Quanto à questão da preferência intertemporal, Camerer, Oewenstein e Prelec (2005) mostram que a análise típica da economia assume que algum grau de preferência intertemporal está presente no *tradeoff* entre o hoje e o futuro – fazer uma poupança, passar fio dental, fazer uma dieta, tatuagem etc. Porém, em termos da fisiologia do cérebro, percebe-se que, enquanto diferentes *tradeoffs* intertemporais podem vir a ter algum elemento de planejamento em comum, diferentes tipos de escolhas intertemporais parecem acionar diferentes sistemas neurais, portanto produzem padrões de comportamento completamente diferentes uns dos outros. Sendo assim, as taxas de desconto não serão perfeitamente correlacionadas entre os diferentes domínios e podem até apresentar correlação nula em algumas circunstâncias.

Outro ponto controverso entre a economia neoclássica e a neuroeconomia é a utilidade dada ao dinheiro. O modelo canônico tem como premissa que a utilidade do dinheiro é indireta – dinheiro é um meio para se obter bens e serviços – e por isto distingue os "prazeres" que o indivíduo obtém de uma boa refeição ou do uso de alguma medicação em relação aos "prazeres" obtidos pelo uso do dinheiro como fenômenos completamente distintos. Mas quando se analisa as evidências neurais, Montage (2002), Camerer, Lowenstein e Prelec, (2005) e Glimcher, Dorris e Bayer (2005) mostram que os efeitos dos neurotransmissores (principalmente dopamina), liberados pelo sistema nervoso central (*brain's reward system*), são ativados por uma grande variedade de elementos reforçadores, como rostos de pessoas atraentes, desenhos, carros esportivos, cocaína e dinheiro. Sendo assim, a neuroeconomia sugere que a utilidade do dinheiro é direta.

Os modelos de precificação de ativos financeiros são um exemplo que fortalece a crença da utilidade direta do dinheiro. Desde o modelo proposto por Lucas (1978), muitos dos que vieram a seguir tinham por hipótese que os investidores se preocupavam mais com a utilidade do consumo que podia ser financiado com os retornos dos ativos financeiros do que a utilidade do retorno por si só.

A interpretação desses modelos gerava várias previsões contrafactuais – a mais famosa trata do retorno marginal dos títulos de renda variável sobre os de renda fixa, em que o prêmio pago pela ação deveria ser muito menor do que teria sido cobrado, caso os investidores apenas fossem avessos ao risco devido ao seu impacto no consumo, como está implícito nos modelos convencionais. Com o intuito de explicar melhores padrões para os retornos dos ativos financeiros, Barberis e Huang (2001), Barberis e Thaler (2003) e Glimcher e Fehr (2013) propuseram modelos em que investidores se preocupam diretamente com os retornos destes. Esta hipótese alternativa faz o perfil do cérebro de um investidor que se satisfaz prontamente com a venda de algum ativo que gere retornos elevados, evidenciando, novamente, o caráter de utilidade direta do dinheiro.

A decisão intertemporal do indivíduo é definida, na economia tradicional, como uma escolha de *tradeoffs* de utilidade em diferentes períodos da vida, enquanto as diferenças individuais são captadas pela noção da taxa de desconto aplicada à utilidade futura. Esta taxa não tem nenhum suporte empírico, ganha importância apenas por conveniência, uma vez que é similar ao cálculo do valor presente líquido usado na matemática financeira (LOWENSTEIN, 2000).

Camerer, Lowenstein e Prelec (2005) explicitam que a noção de taxa de desconto utilizada parece não ser capaz de descrever nem o comportamento individual nem ajudar na classificação de indivíduos por preferências de uma maneira satisfatória. Dentro desta ótica, surgem questionamentos acerca de como um modelo que leva em consideração as premissas da neuroeconomia poderia interpretar a escolha intertemporal. Conforme os autores, a neurociência indica caminhos para "desembrulhar" o conceito de preferência temporal. Primeiro, é notório que a habilidade em pensar sobre as consequências das ações no futuro está correlacionada com o grau de inteligência das pessoas e, segundo em razão de situações emotivas e de estresse, as pessoas estão mais predispostas a fazerem escolhas míopes – de curto prazo –, o que sugere que um fundamento chave para a análise da impulsividade é a definição de que acontecimentos deixam os indivíduos entusiasmados, indo de encontro às hipóteses axiomáticas da teoria econômica neoclássica.

Assim, um modelo de escolha intertemporal que levasse em consideração as interações entre sentimentos e cognição poderia ajudar a explicar não somente a impulsividade, mas também por que muitas pessoas têm problemas de autocontrole, principalmente daquilo que não é explicado na literatura tradicional, como *workaholics, ou seja, aquela pessoa* que não conseguem tirar um descanso e que gasta desenfreadamente.

Todos estes padrões de comportamento podem ser explicados pela propensão humana em vivenciar emoções (por exemplo, o medo), como resultado de se pensar sobre o futuro. A metodologia apresentada, no parágrafo anterior, ainda pode ajudar a entender por que as pessoas aparentam ser inconsistentes quando se investiga o seu comportamento pelas lentes da utilidade descontada, uma vez que a habilidade de pensar sobre as ações futuras pode não ser tão fortemente correlacionada com o grau em que experiências diversas promovam reações fisiológicas no indivíduo.

A análise da tomada de decisão sobre risco e incerteza leva em consideração o modelo de utilidade esperado que implica um *tradeoff* de utilidade entre diferentes cenários possíveis. Segundo Camerer, Lowenstein e Prelec (2005) e Platt e Huettel (2008), mesmo pessoas que postergam ao máximo os resultados de suas escolhas, reagem ao risco de duas maneiras diferentes. De um lado, como postulado pela economia tradicional, as pessoas tentam qualificar e ordenar diferentes níveis de risco baseado na causalidade e no acaso de cada decisão; por outro lado, as pessoas reagem ao risco em um nível emocional e estas emoções têm o poder de influenciar o comportamento de cada um.

Além disso, Platt e Huettel (2008) verificaram que o processo de tomada de decisão é, na verdade, uma questão de entendimento de comportamento e que requer o conhecimento de como o corpo e o cérebro respondem e usam informação sobre incerteza. No que tange ao comportamento de aversão ao risco (medo), a neuroeconomia entende que ele é determinado pela amígdala. Essa parte do corpo humano constantemente mapeia a chegada de novas informações estimulantes com o intuito de prever potenciais ameaças e responde com insumos originários, tanto do sistema nervoso autônomo quanto com processos controlados pelo cérebro, tal que a incorporação de seus efeitos na questão do risco seria de vital relevância.

Assim, como acontece com a questão da utilidade intertemporal, a economia tradicional negligencia os processos afetivos e automáticos do corpo humano na formação da teoria de decisão sob incertezas, provocando uma redução do potencial de alcance da teoria, o que traria importantes *insights* para análises de diversos fenômenos, como quedas e *booms* da bolsa de valores, jogos de azar e efeitos de ameaças de terrorismo.

Os resultados das pesquisas neurocientíficas são adequados para explorar as suposições da teoria dos jogos, tais como: deve-se acreditar no que os outros irão fazer (isto é, os jogadores estão em equilíbrio); não há emoções ou preocupações sobre o quanto os outros ganham; planejamento antecipado e aprendizado com a experiência. Logo, em jogos de interações estratégicas, saber como a outra pessoa pensa e como a outra pessoa interpreta as suas decisões é essencial para prever o comportamento do seu oponente (Modelos de interação em oligopólio). Do ponto de vista neural, o ato de pensar nas estratégias requer um consumo menor de memória de trabalho e, também, a entrada de um jogador na mente do outro jogador.

Mccabe et al. (2001) usaram fMRI para medir a atividade cerebral enquanto pessoas jogavam um jogo envolvendo confiança, cooperação e punição. O resultado foi que quem cooperou mais teve maior ativação da área do córtex pré-frontal e do sistema límbico (responsável pelas emoções). Com o uso da mesma tecnologia, Sanfey et al (2003) verificaram, em um jogo de ultimato, que ofertas muito injustas ativavam três regiões: córtex pré-frontal (planejamento), cingular anterior (conflitos) e ínsula (emoções

negativas, como nojo e desgosto). Após uma oferta injusta, o cingular anterior se esforça para resolver o conflito entre o desejo de aceitar o dinheiro por causa da recompensa planejada (função do córtex pré-frontal) e de não gostar da injustiça percebida pela ínsula.

Quanto aos efeitos hormonais sobre a escolha intertemporal, Takahashi (2009) elucida os efeitos da dopamina no processo decisório, ao investigar a relação entre receber um dinheiro de imediato ou postergá-lo. De acordo com o autor, como o neurotransmissor ativa o córtex central, este afetaria o valor que se dá a prêmios postergados, afetando, consideravelmente, a decisão intertemporal.

Outrossim, Zak *et al*. (2004) avaliaram os efeitos de neurotransmissor em jogos de confiança. Nesse jogo, os voluntários receberam U\$10 para participarem do experimento e jogavam com um parceiro desconhecido e incomunicável. O sujeito 1 poderia dividir o dinheiro que recebeu com o seu parceiro (sujeito 2). A quantia dividida é triplicada para o parceiro, por exemplo, se o sujeito 1 decide dar U\$6, então, o sujeito 2 ganha U\$ 28 (três vezes U\$6 mais U\$10), e o sujeito 1 fica com US4. Na sequência, o sujeito 2 decide qual quantia quer devolver, todavia não é necessário que faça a devolução. Toda a quantia devolvida não é triplicada, ou seja, se o sujeito 2 decide devolver U\$5, o sujeito 1 receberá apenas U\$5. Logo após tomarem as decisões, os sujeitos forneceram amostras de sangue para fazer a medição do nível de oxitocina. Os sujeitos 2 com maior nível de oxitocina foram os que mais devolveram dinheiro aos sujeitos 1.

Por sua vez, Nadler *et al*. (2014), ao verificarem o efeito da testosterona em *traders* do mercado de capitais, notaram que aqueles agentes com maiores níveis desse hormônio empenham-se em negociações mais longas e competitivas, levando menos em consideração os modelos teóricos de precificação ativos em suas sessões de transação, e se consideram mais talentosos.

Wheeler e Fiske (2005) avaliaram as contribuições da neurociência no campo de discriminação no mercado de trabalho. Os modelos econômicos assumem que discriminações no mercado de trabalho contra minorias podem ser por mero desgosto em trabalhar com certos grupos ou crença de que as minorias têm menor produtividade. A neurociência sugere que processos automáticos contribuem para a discriminação porque as redes neurais rapidamente espalham conceitos pré-formados e estereotipados. O sistema afetivo contribui com essa questão porque as reações de sentimento têm um efeito significativo no julgamento cognitivo. Neste sentido, discriminação envolve rapidez, automação, associação entre categorias sociais, estereótipos, afetividade e estáticas simples (mais de um grupo que outro).

Portanto, a pergunta que se deve fazer é se essa associação de caraterísticas implica questões de discriminação no mercado de trabalho ou não. Uma parte sugere que a interpretação estatística está no caminho certo. A discriminação existirá sempre que houver quantidades discrepantes de grupos trabalhando em conjunto; os efeitos que a amígdala promove quando vemos pessoas de outra raça parecem ser sensíveis a rostos e não a grupos étnicos por si só.

Porém, Fehr e Camerer (2007) sugerem que a discriminação é algo diferente, dado que a reação automática a raças pode ser apagada ou substituída dependendo da pergunta que se faz quando rostos são percebidos. Essas reações distintas mostram que o corpo reage a outras variáveis, além das tradicionais renda e gostos, e evidenciam a importância de preferências subjetivas, o que torna o entendimento desta problemática bem complexa.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme a literatura tradicional, o interesse em desvendar o comportamento do agente econômico que é visto como o resultado de um processo de tomada de decisão que majora custos e benefícios, com vistas a maximizar a utilidade, é a base da teoria econômica. Todavia, esse processo regido por leis, axiomas e equilíbrios se apresenta insuficiente para explicar determinados fenômenos inerentes à escolha humana. Nesse contexto, fatores de origem psicológica e biológica, juntamente com fatores que associam as emoções e a cognição, começaram a ser considerados na teoria econômica, visando obter um melhor entendimento do processo de tomada de decisão, dando origem ao campo interdisciplinar da neuroeconomia que usa ferramentas de medição neurológicas – em especial, fMRI e PET – para identificar as regiões do cérebro associadas a decisões econômicas. Como exposto, diante das possíveis contribuições da neurociência e da neuroeconomia para essa temática, este artigo teve como objetivo descrever, a partir de um levantamento da literatura, o que esses pesquisadores fazem, os instrumentos envolvidos e como suas descobertas e visões de comportamento humano se diferenciam da abordagem clássica, aplicadas na economia, em especial, no processo de tomada de decisão.

O desenvolvimento da neuroeconomia fez surgir uma nova maneira de analisar questões sobre: a heterogeneidade das preferências; a escolha intertemporal do indivíduo; o modo como se dão os processos de tomada de decisão sobre risco e incerteza e a forma como o corpo interpreta as informações que recebemos no dia a dia etc. Em várias situações, as evidências apresentadas pela neuroeconomia vão de encontro à visão neoclássica da economia, moldada em axiomas, em preferências simétricas e imutáveis, em racionalidade perfeita e na maximização da utilidade esperada. Sendo assim, para adicionar valor à economia, a neurociência precisa sugerir novas introspecções para os problemas enfrentados pela

economia tradicional. Por exemplo, Camerer, Lowenstein e Prelec (2005), Platt e Huettel (2008) e Nadle et al. (2014) verificaram que recompensas ativam o cérebro de uma forma e perdas e punição de outra, além de que o cérebro é estimulado por hormônios como testosterona e oxitocina. Por sua vez, Glimcher e Fehr (2013) concluíram que anomalias em decisões de investimento podem ter bases neurológicas e que o comportamento de aversão ao risco é governado por respostas automáticas ao medo. Portanto, a neuroeconomia é reconhecida como parte de uma ciência comportamental mais abrangente que inclui a maioria das ciências sociais, além de aspectos da economia tradicional.

Ainda assim, a neuroeconomia enfrenta importantes desafios e limitações. Primeiro, o conceito de sistemas neurais competitivos, que regula decisões racionais *versus* decisões baseadas em emoção, não tem sido aceito de forma universal. Muitos pesquisadores consideram que os sistemas neurais envolvidos na decisão usam tanto componentes racionais quanto emocionais e contribuem para a tomada de decisões de uma forma mais gradual. Os custos demasiadamente elevados constituem outra crítica nos debates acadêmicos, porém ensaios laboratoriais podem fornecer informações acerca das preferências com custos menores e com maior diversidade de opiniões. E, por fim, apesar de já se ter avançado muito na utilização de ferramentas de medição neurológicas, ainda permanecem dúvidas sobre a validação e generalização externa dos resultados obtidos em um ambiente controlado para as decisões do mundo real, como nos mercados financeiros.

Diante do exposto, embora a neuroeconomia faça parte de um campo de estudo relativamente recente, suas contribuições se enaltecem pelo fato de fornecer novas formas de analisar o processo decisório e, assim, ajudar a teoria econômica no entendimento mais aprofundado, no que diz respeito ao comportamento dos agentes econômicos quanto às suas escolhas.

BIBLIOGRAFIA

BARBERIS, N.; HUANG, M. Mental accounting, loss aversion, and individual stock returns. The Journal of Finance, 56(4), 1247-1292, 2001.

BARBERIS, N.; THALER, R. A survey of behavioral finance. Handbook of the Economics of Finance, 1, 1053-1128, 2003.

BARBER, B. M.; ODEAN, T. Boys will be boys: Gender, overconfidence, and common stock investment. *The quarterly journal of economics*, *116*(1), 261-292, 2001.

BECHARA, A.; DAMASIO, A. R. The somatic marker hypothesis: A neural theory of economic decision. *Games and economic behavior*, *52*(2), 336-372, 2005.

BREITER, H.C., AHARON, I., KAHNEMAN, D., DALE, A. AND SHIZGAL, P. Functional imaging of neural responses to expectancy and experience of monetary gains and losses. *Neuron*, *30*(2), pp. 619-639, 2001.

CAMARGO, P. Comportamento do consumidor: a biologia, anatomia e fisiologia do consumo. Editora Novo Conceito, 2012.

CAMERER, C.; OEWENSTEIN, L.; PRELEC, O. Neuroenconmics: how neuroscience can inform Economics.. *Journal of Economic Literature*, 2005.

CAMERER, C.F., BHATT, M., HSU, M. Neuroeconomics: Illustrated by the study of ambiguity aversion. Economics and Psychology: A promising new cross-disciplinary field. Cambridge: MIT Press, 2007.

CESAR, A., FREGNI F., PEREZ G, COLTURATO C. Estudos experimentais sobre tomada de decisão: uma revisão de literatura da parceria entre a área de negócios e a de neurociência cognitiva. Advances in Scientific and Applied Accounting. 2011.

FEHR, E. CAMERER, C. F. Social neuroeconomics: the neural circuitry of social preferences. Trends in cognitive sciences, 11(10), 419-427, 2007.

GLIMCHER, P. W, FEHR, E. Neuroeconomics: Decision making and the brain. Academic Press, 2013

GLIMCHER, P. W., DORRIS, M. C., BAYER, H. Physiological utility theory and the neuroeconomics of choice. Games and economic behavior, 52(2), 213-256, 2005.

GLIMCHER, P. W., CAMERER, C. F., FEHR, E., POLDRACK, R. A. Introduction: a brief history of neuroeconomics. Neuroeconomics: Decision making and the brain, 2009.

Gray, J.C., Amlung, M.T., Owens, M., Acker, J., Brown, C.L., Brody, G.H., Sweet, L.H. and MacKillop, J. The neuroeconomics of tobacco demand: An initial investigation of the neural correlates of cigarette cost-benefit decision making in male smokers. *Scientific reports*, *7*, p. 41930, 2017.

HERSHFIELD, H. E.; GOLDSTEIN D. G.; SHARPE, W. F.; FOX J.; YEYKELIS, L.; CARSTENSEN, L. L.; BAILENSON, J. N. Increasing saving behavior through age-progressed renderings of the future self. Journal of Marketing Research, 48, S23-S37, 2011.

KABLE, J. The cognitive neuroscience toolkit for the neuroeconomist: A functional overview. *Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics*, *4*(2), p. 63, 2011.

KAHNEMAN, D. *Rápido e devagar: duas formas de pensar*. Objetiva, 2012.

KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. Prospect theory: An analysis of decision under risk." In *Handbook of the fundamentals of financial decision making: Part I*, pp. 99-127. 2013.

KOSFELD, M.; HEINRICHS, MARKUS, Z.;, PAUL J, FISCHBACHER, U.; FEHR, E. Oxytocin increases trust in humans. Nature, 435(7042), 673-676, 2005.

LUCAS, R. Asset prices in an exchange economy. Econometrica: Journal of the Econometric Society, 1429–1445, 1978.

MACKILLOP, J.; AMLUNG, M.T.; ACKER, J.; GRAY, J.C.; BROWN, C.L.; MURPHY, J.G.; RAY, L..; SWEET, L..H. The neuroeconomics of alcohol demand: An initial investigation of the neural correlates of alcohol cost-benefit decision making in heavy drinking men. *Neuropsychopharmacology*, *39*(8), p. 1988, 2014.

McCABE, K.; HOUSER, D.; RYAN, L.; SMITH, V.; TROUARD, T. A functional imaging study of cooperation in two-person reciprocal exchange. Proceedings of the National Academy of Sciences, 98(20), 11832-11835, 2001.

MONTAGUE, P.; BERNS, G. Neural economics and the biological substrates of valuation. Neuron, 36(2), 265-284, 2002.

NADLER, A., JIAO, P.; ALEXANDER, V.; JOHNSON, C.; ZAK, P. Testosterone and trading: Biological driver of mispricing. Annual Conference of the Society for NeuroEconomics, 2014

NETO, J.; FILIPE, J. A. A view of commom property through neuroeconomics in the context of decision-making processes. International Journal of Academic Research. 2011.

NICHOLSON, W.; SNYDER, C. Microeconomic theory: basic principles and extensions. Cengage Learning, 2011.

PAIVA, F. S. O processo de decisão sob a perspectiva da economia comportamental e da neurociência. Instituto politécnico de Lisboa. Tese de doutorado, 2013.

PLATT, M. L.; GLIMCHER, P. W. Neural correlates of decision variables in parietal cortex. *Nature*, 400.6741: 233, 1999.

PLATT, M.; HUETTEL, S. Risky business: the neuroeconomics of decision making under uncertainty. Nature neuroscience, 11(4), 398-403, 2008.

SANFEY, A., RILLING J.; ARONSON J.; NYSTROM, L.; COHEN, J. The neural basis of economic decision-making in the ultimatum game. *Science*300, no. 5626: 1755-1758, 2003.

SHIZGAL, P.; CONOVER, K.. On the neural computation of utility. *Current Directions in Psychological Science*, 5.2: 37-43, 1996.

TAKAHASHI, T. Theoretical frameworks for neuroeconomics of intertemporal choice. Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics, 2(2), 75, 2009.

WHEELER, M. E.; FISKE, S. Controlling racial prejudice social-cognitive goals affect amygdala and stereotype activation. Psychological Science, 16(1), 56-63, 2005.

ZAK, P. J. Neuroeconomics. The royal society B: Biological Sciences 359, 2004.