



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ANA LUIZA DE OLIVEIRA ANDRADE

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE CEREBRAL DO DECISOR NO CONTEXTO DE
ELICITAÇÃO TRADEOFF**

Recife
2020

ANA LUIZA DE OLIVEIRA ANDRADE

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE CEREBRAL DO DECISOR NO CONTEXTO DE
ELICITAÇÃO TRADEOFF**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Gerência da Produção.

Orientadora: Profa. Dra. Danielle Costa Moraes

Recife

2020

A553a Andrade, Ana Luiza de Oliveira.
 Avaliação da atividade cerebral do decisor no contexto de elicitación
 Tradeoff / Ana Luiza de Oliveira Andrade - 2020.
 76 folhas, il., gráfs., tabs.

 Orientadora: Profa. Dra. Danielle Costa Moraes.
 Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2020.
 Inclui Referências.

 1. Engenharia de Produção. 2. Decisão multicritério. 3. Neurodecisão.
 4. Neurociência. 5. Elicitación por Tradeoff. 6. Decision neuroscience. I.
 Moraes, Danielle Costa (Orientadora). II. Título.

UFPE

658.5 CDD (22. ed.)

BCTG/2021-102

ANA LUIZA DE OLIVEIRA ANDRADE

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE CEREBRAL DO DECISOR NO CONTEXTO DE
ELICITAÇÃO TRADEOFF**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Engenharia de Produção. Área de concentração: Gerência da Produção.

Aprovada em: 15/09/2020.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Danielle Costa Moraes (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Ana Paula Cabral Seixas Costa (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Mariana Rodrigues de Almeida (Examinadora Externa)
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

AGRADECIMENTOS

Cada etapa da jornada tem desafios diferentes, e para completar o mestrado eu tive que superar vários e eu não teria chegado onde estou se não fosse por diversos anjos que eu tenho o prazer de chamar de família e amigos. Primeiramente preciso agradecer a minha mãe, por sempre acreditar em mim e me apoiar em tudo o que eu faço e ao meu pai, por estar sempre na torcida para que tudo de melhor aconteça comigo, amo vocês! Aos meus irmãos Paulo Victor, Saullo, Aloma e Célia, obrigada por sempre sensacionais. A minha avó Luiza, a maior defensora da educação e uma guerreira, eu tenho o privilégio de ser nomeada em sua homenagem, te amo muito, vovó.

Se não fosse pelos meus amigos seria impossível eu estar onde estou, sou muito abençoada por ter tantas pessoas sensacionais na minha vida. Heloísa Câmara, Gabriela Silva, Daniela Nunes, Juliana Gonçalves, Jerusa Guimarães: obrigada por animarem o laboratório, obrigada por dividir os momentos felizes e obrigada por compartilhar o desespero também, nossas risadas e lágrimas foram essenciais para que eu pudesse tomar todas as decisões e por ser possível concluir essa dissertação, amo cada uma de vocês. Lúcia Roselli, Beatriz Sales, Viviane Alves, Felipe Macedo, mesmo quando não estamos todos juntos fisicamente, a conexão é absurda e me ajuda a superar todos os obstáculos. Fernanda Campello, Ariel Scherb, Bruno Botler, Marina Falcão, Laura Durão, Maria Eduarda Maia e Joana Soares, vocês são essenciais na minha vida, nossas histórias já duram décadas e eu só posso agradecer por sempre ter vocês junto de mim.

Obrigada a Danielle Costa Morais e Adiel Teixeira de Almeida por me ajudarem e por confiarem em mim com esse tema tão desafiador e por me darem tantas oportunidades no PPGEP, sempre serei grata a tudo que vocês me ensinaram. Obrigada a CAPES e a CNPq, as financiadoras dessa pesquisa e dos congressos, graças a vocês pude vivenciar o mundo científico, de aprofundar meus conhecimentos e de conhecer o que outros acadêmicos tem para partilhar e somar, obrigada por tudo.

Por último, porém não menos importante, preciso agradecer a Deus. Obrigada por me iluminar tanto, obrigada por me dar esperança e fé, obrigada por sempre estar comigo. A fé move montanhas, e sei que serei capaz de fazer coisas grandiosas, uma vez que estas comigo sempre.

RESUMO

O esforço cognitivo requerido no processo decisório varia de acordo com o problema que está sendo analisado, a quantidade de alternativas, de critérios e principalmente com o padrão comportamental do decisor. Em decisão multicritério é possível observar o procedimento escolhido para realizar o processo de elicitação de preferências é crucial para a obtenção dos resultados nos modelos. No entanto, há também aspectos comportamentais que influenciam os resultados, os quais estão além do controle humano, como é caso dos fatores inconscientes, consequência do padrão comportamental do indivíduo. Esses estão relacionados ao ambiente, as experiências do decisor e também a suas escolhas passadas. Nesse contexto, este trabalho buscou explorar como a atividade cerebral do decisor submetido à duas situações distintas, sendo elas realizar operações aritméticas e ouvir diferentes estilos musicais, se assemelha a atividade cerebral na qual o mesmo decisor realiza a elicitação de preferências com o procedimento Tradeoff. Para isso, foi realizado um experimento com o uso de ferramentas da neurociência, EEG e Eyetracker, com alunos dos cursos de graduação e pós-graduação de Engenharia de Produção e Administração da UFPE. Verificou-se que há semelhanças entre os procedimentos que requerem um esforço cognitivo mais elevado devido ao seu nível de dificuldade, portanto havendo correlação entre as diversas situações enfrentadas pelo decisor e o resultado do procedimento de elicitação.

Palavras-chave: decisão multicritério; neurodecisão; neurociência; elicitação por Tradeoff; decision neuroscience.

ABSTRACT

The cognitive effort required in the decision-making process varies according to the problem being analyzed, the number of alternatives, the criteria, and mainly the behavioral pattern of the decision-maker. In a multicriteria decision, it is possible to observe the procedure chosen to carry out the process of eliciting preferences is crucial for obtaining the results in the models. However, there are also behavioral aspects that influence the results, which are beyond human control, as is the case of unconscious factors, a consequence of the individual's behavioral pattern. These are related to the environment, the decision maker's experiences, and also to his past choices. In this context, this work sought to explore how the brain activity of the decision-maker subjected to two different situations: to perform arithmetic operations and to listen to different musical styles, if it is similar to the brain activity in which the same decision-maker elicits preferences with the Tradeoff procedure. For this, an experiment was carried out with the use of neuroscience tools, EEG and Eyetracker, with students from the undergraduate and graduate courses in Management Engineering and Business at UFPE. It was found that there are similarities between the procedures that require a higher cognitive effort due to their level of difficulty, therefore there is a correlation between the different situations faced by the decision-maker and the result of the elicitation procedure

Keywords: multicriteria decision making; neurodecision; neuroscience; Tradeoff elicitation; decision neuroscience.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma introdução.....	18
Figura 2 - Envolvimento dos atores do processo decisório	21
Figura 3 - Comparação dos critérios no Tradeoff.	23
Figura 4 - Representação de ERPs	27
Figura 5 - Representação da frequências das bandas cerebrais.....	28
Figura 6 - Equipamentos de neurociência	30
Figura 7 - Tobii X 120.....	35
Figura 8 - Localização correta dos eletrodos.....	36
Figura 9 - Configuração do eye-tracker.....	36
Figura 10 - Processo de calibração.....	37
Figura 11 - Calibração dos olhos no eye-tracker.....	38
Figura 12 - Cálculos aritméticos e opções de respostas exibidas do experimento	39
Figura 13 - Títulos das músicas e artistas apresentados antes dos vídeos.....	40
Figura 14 - Tela do Software Tradeoff.....	42
Figura 15 - Avaliação da função do valor parcial através da biseção	42
Figura 16 - Etapa de ordenação.....	43
Figura 17 - Exploração do espaço consequência.....	44
Figura 18 - Elicitação das constantes de escala.....	44
Figura 19 - Avaliação de inconsistências.....	45
Figura 20 - Questionário final.....	45

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Resultados do primeiro cálculo.....	47
Gráfico 2 - Resultados do segundo cálculo.....	49
Gráfico 3 - Resultados do terceiro cálculo.....	51
Gráfico 4 - Resultados do quarto cálculo.....	53
Gráfico 5 - Resultados das músicas preferidas.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atores do Processo decisório.....	20
Tabela 2 - Planilha padrão de importação para o Software.....	41
Tabela 3 - Média da pupila esquerda no primeiro cálculo.....	48
Tabela 4 - Média da pupila esquerda na análise do primeiro cálculo.....	49
Tabela 5 - Média da pupila esquerda no segundo cálculo	50
Tabela 6 - Média da pupila esquerda na análise do segundo cálculo	50
Tabela 7 - Média da pupila esquerda do terceiro cálculo	51
Tabela 8 - Média da pupila esquerda na análise do terceiro cálculo	52
Tabela 9 - Média da pupila esquerda do quarto cálculo.....	53
Tabela 10 - Média da pupila esquerda na análise do quarto cálculo	54
Tabela 11 - Média da pupila esquerda na análise do quarto cálculo.....	54
Tabela 12 - Teste T para amostras independentes nos cálculo um, dois, três e quatro.....	56
Tabela 13 - Teste T para amostras independentes nas análises dos cálculos um ao quatro.....	57
Tabela 14 - Teste T para amostras independentes no cálculo 2.....	58
Tabela 15 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para AF3 e AF4 na banda alfa nos participantes que acertaram.....	59
Tabela 16 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para AF3 e AF4 na banda alfa - participantes que erraram.....	59
Tabela 17 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para F3 e F4 na banda alfa nos participantes que acertaram.....	60
Tabela 18 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para AF3 e AF4 na banda alfa - participantes que erraram.....	60
Tabela 19 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para F7 e F8 na banda alfa - participantes que acertaram.....	61
Tabela 20 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para F7 e F8 na banda alfa - participantes que erraram.....	61
Tabela 21 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para FC5 e FC6 na banda alfa - participantes que acertaram.....	62
Tabela 22 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para FC5 e FC6 na banda alfa - participantes que erraram.....	62
Tabela 23 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para FC5 e FC6 na banda alfa - análise das músicas.....	63

Tabela 24 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para AF3 e AF4 na banda teta- participantes que acertaram.....	63
Tabela 25 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para AF3 e AF4 na banda teta- participantes que erraram.....	64
Tabela 26 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para F3 e F4 na banda teta- participantes que acertaram.....	64
Tabela 27 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para F3 e F4 na banda teta- participantes que erraram.....	65
Tabela 28 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para F7 e F8 na banda teta- participantes que acertaram.....	65
Tabela 29 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para F7 e F8 na banda teta- participantes que erraram.....	66
Tabela 30 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para FC5 e FC6 na banda teta- participantes que acertaram.....	66
Tabela 31 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para FC5 e FC6 na banda teta- participantes que erraram.....	67
Tabela 32 - Teste T pareado para os canais FC5 e FC6 na banda teta - análise das músicas.....	67

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
1.1 Descrição do Problema	13
1.2 Justificativa	14
1.3 Objetivos.....	15
1.3.1 Geral	15
1.3.2 Específicos.....	16
1.4 Metodologia.....	16
1.5 Estrutura do Trabalho.....	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA.....	19
2.1 Referencial Teórico	19
2.1.1 Tomada de Decisão e elicitación com Tradeoff	19
2.1.2 Análise comportamental, tomada de decisão e neurociência	24
2.1.3 Ferramentas de neurociência	26
2.2 Revisão de Literatura.....	30
2.2.1 Tomada de decisão com o apoio de neurociência	30
2.2.2 Experimentos em Decisão multicritério com neurociência.....	32
2.3 Síntese do capítulo	33
3 EXPERIMENTO.....	34
3.1 Participantes	34
3.2 Descrição do Experimento.....	34
3.3 Síntese do capítulo	46
4 RESULTADOS.....	47
4.1 Análise das etapas dos cálculos e música com o Eye Tracker	47
4.2 Análise com o Eletroencefalograma	58
4.3 Comparação do método de elicitación Tradeoff com as músicas e os cálculos	68
4.4 Síntese do capítulo	68
5 CONCLUSÕES, INSIGHTS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	70
5.1 Conclusões.....	70
5.2 Insights e recomendações.....	71
5.3 Sugestões para trabalhos futuros.....	71

REFERÊNCIAS	72
--------------------------	-----------

INTRODUÇÃO

Os problemas de decisão multicritério são caracterizados, de acordo com de Almeida et al (2013), por possuírem ao menos duas alternativas de ação e dois ou mais atributos a serem avaliados. Devido a quantidade de alternativas e de consequências que estão relacionadas com cada uma delas, os problemas de decisão multicritério são bastante complexos e ao mesmo tempo muito comuns no dia a dia. As pessoas os enfrentam diariamente, seja no âmbito profissional ou no pessoal, sendo que o estudo deles é extremamente importante para que as escolhas realizadas sejam realizadas da melhor forma possível.

Segundo Naqvi et al (2006), a tomada de decisão foi considerada por muito tempo pela tradicional teoria econômica como algo que seguia uma maximização bayesiana racional da utilidade esperada, porém seria considerado que o ser humano era uma fonte de conhecimento, tempo e processamento de informação inesgotável, o que não está de acordo com a realidade. Nos anos 80 começou a ser estudado com mais afinco as teorias comportamentais, que mostravam que as decisões estão intrinsecamente relacionadas com as questões emocionais e irracionais. Portanto, os estudos dos processos decisórios não deveriam focar apenas em questões lógicas, uma vez que as questões emotivas e inconscientes impactam as ações realizadas.

Sabe-se que ao tomar decisões, o ser humano não utiliza apenas a razão, eles são influenciados tanto por fatores racionais como irracionais que estão relacionados com o inconsciente humano (EAGLEMAN, 2015). Diferentes fatores influenciam os aspectos inconscientes como, por exemplo, experiências anteriores e informações sensoriais disponíveis no ambiente e que muitas vezes esses inputs de informações permitem que as pessoas tomem decisões inconscientes e de maneira rápida (GLIMCHER, 2014).

Existe uma linha de pesquisa na literatura sobre como os fatores comportamentais afetam a tomada de decisão e como a neurociência pode ser utilizada para apoiar esses processos. A neurociência busca, a partir dos conhecimentos multidisciplinares obtidos em diversas áreas como biologia, psicologia e economia, entender os processos cerebrais humanos e a partir disso poder obter mais informações acerca do comportamento das pessoas, incluindo como o homem realiza suas escolhas e como é que funciona o cérebro em situações que envolvem os processos decisórios.

Logo, é interessante explorar mais sobre como a neurociência pode ser utilizada como uma ferramenta de apoio à decisão, pois a partir de dados fisiológicos pode-se obter

informações do corpo humano e a sua resposta a diversos estímulos que são realizados quando uma decisão está sendo tomada. De acordo com Plassmann et al (2015), as medidas obtidas a partir de ferramentas de neurociência permitem que as preferências do decisor sejam melhor identificadas e as previsões de comportamento possam ser mais acuradas se comparado a dados obtidos a partir de observações. Busca-se diminuir as inconsistências das respostas captadas a partir de tais equipamentos, uma vez que não é possível que o indivíduo possa controlar suas ações, pois os dados são involuntários, já que são psicofisiológicos (Beheat et al, 2013).

Neste trabalho tem como objetivo avaliar a atividade cerebral de pessoas quando realizam processo de elicitação com Tradeoff. Segundo de Almeida et al (2013), o Tradeoff consiste de duas consequências entre as quais o decisor é indiferente e pode-se realizar uma troca entre elas. A contribuição deste trabalho é avaliar a atividade cerebral durante o processo de elicitação Tradeoff com a atividade cerebral dos participantes em mais dois momentos distintos: um momento de relaxamento que inclui escutar diferentes músicas e um momento de alta atividade cognitiva que engloba a realização de operações matemáticas de níveis de dificuldade distintos, indo de contas mais simples até mais complexas.

Assim, busca-se com esse trabalho realizar uma análise comparativa entre a atividade cerebral dos participantes em três momentos distintos que requerem esforços cognitivos diferentes: no momento em que estão escutando quatro músicas de diversos ritmos, no momento de realização de operações matemáticas e no último quando realizam a elicitação com Tradeoff. Com isso, busca-se verificar quando a atividade cerebral no processo decisório pode se assemelhar mais com a de uma pessoa em estado de relaxamento ou no estado de alto esforço cognitivo, assim auxiliando na compreensão dos fatores que afetam a tomada de decisão.

1.1 Descrição do Problema

Durante o processo de elicitação é necessário que o decisor realize uma sequência de escolhas (Bleichrodt et al, 2005). A partir dessa sequência de decisões é possível saber quais critérios tem uma importância maior para que se possa saber qual é a taxa de substituição que a constante de escala do processo de elicitação Tradeoff representa para determinado decisor. Uma vez que durante o procedimento da realização da elicitação Tradeoff é necessário se encontrar um ponto no qual o decisor é indiferente entre duas alternativas, ou seja, ele realizaria a troca de uma alternativa por outra.

Apresentado por Raiffa e Keeney (1975), o procedimento de elicitação com Tradeoff é um dos que possui maior rigor quando se está analisando a sua estrutura axiomática, tendo como vantagem a possível incorporação de uma avaliação intracritério que possui funções valores não lineares (de Almeida et al, 2013). Entre as dificuldades do Tradeoff inclui-se o fato de que quanto mais alternativas e critérios há em um problema, mais longo ele fica, podendo torná-lo exaustivo para o decisor e também com uma maior taxa de inconsistência, chegando a aproximadamente 67%, pois há um elevado esforço cognitivo exigido do decisor, que devido ao cansaço não oferece todas as informações necessárias, prejudicando o resultado obtido no processo de elicitação (WEBER; BORCHERDING, 1993).

A neurociência, em conjunto com os estudos comportamentais, busca preencher as lacunas que há na área de tomada de decisão. Nos estudos envolvendo a neurociência, há uma grande interdisciplinaridade e há diversas técnicas e ferramentas para testar modelos comportamentais em nível cerebral, com diversos modelos formalizados. As duas áreas em conjunto auxiliam os processos decisórios utilizando os conhecimentos obtidos em diversas disciplinas para entender melhor como os decisores realizam as suas escolhas. A neurociência traz informações de como os dados biológicos, como ondas cerebrais e piscadas dos olhos, podem informar sobre o julgamento das pessoas e a área de estudo da tomada de decisão permite mostrar como componentes cognitivos e dados emocionais afetam as decisões (VARTANIAN, MANDEL, 2011).

A partir das questões abordadas anteriormente, esta pesquisa busca com o apoio da neurociência auxiliar os estudos dos processos decisórios, neste caso analisando a atividade cerebral de uma pessoa que está realizando o processo de elicitação Tradeoff, comparando com a sua atividade cerebral ao escutar uma música e ao realizar cálculos. A mudança comparativa da atividade cerebral pode ser observada quando o esforço cognitivo realizado pelo decisor muda. Em situações com problemas que tem mais alternativas e critérios pode ser relacionada com os cálculos mais complexos, nos quais é necessário mais atenção para serem resolvidos.

1.2 Justificativa

Os estudos existentes na literatura não analisam com profundidade a relação entre como os fatores comportamentais afetam a tomada de decisão, sendo ainda mais significativa quando se está analisando os métodos de elicitação com Tradeoff, no qual o sujeito precisa comparar duas consequências e definir um ponto no qual ele é indiferente e pode fazer uma

troca entre elas (de Almeida et al, 2013). Ao utilizar as ferramentas de neurociência como o Eye Tracker e o EEG para analisar a atividade cerebral de um sujeito que está realizando uma elicitación com Tradeoff é possível abrir portas para novos conhecimentos acerca do cérebro humano e principalmente sobre a tomada de decisão e como pode-se melhorar as escolhas das organizações a partir delas.

Porém como as decisões são afetadas por fatores conscientes e inconscientes do indivíduo (EAGLEMAN, 2015), pode-se comparar a atividade cerebral do sujeito que está realizando a elicitación com Tradeoff com a sua atividade cerebral em dois momentos distintos, sendo um quando ele está ouvindo música e se espera que esteja num estado mais relaxado, e quando está realizando operações matemáticas simples de adição, subtração, multiplicação e divisão, onde se espera que esteja realizando um esforço cognitivo maior.

Será possível realizar uma comparação da atividade cerebral em elicitación com Tradeoff de problemas simples e complexos com a atividade cerebral ao escutar música e ao realizar cálculos e assim verificar em quais contextos podem haver similaridades. Isso permitirá que sejam analisados os possíveis fatores ambientais que afetam o inconsciente e o consciente das pessoas que precisam tomar decisões e como as organizações podem utilizar isso ao seu favor.

Essa pesquisa justifica-se pela busca em compreender melhor os processos decisórios e como situações diversas que requerem esforços cognitivos de níveis variados do decisor. O uso de ferramentas de neurociência amplia as formas como os estudos dos processos decisórios podem ser realizados, aprofundando-se na exploração das questões comportamentais que estão intrinsecamente relacionadas com as escolhas realizadas pelo indivíduo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

O objetivo geral do presente trabalho consiste em comparar a atividade cerebral de pessoas que estão realizando o processo de elicitación Tradeoff com o esforço de ouvir música ou realizar operações matemáticas, utilizando ferramentas de neurociência como eletroencefalograma (EEG) e Eye Tracker, a fim de ampliar os conhecimentos acerca dos processos decisórios.

1.3.2 Específicos

- a) Explorar o uso da neurociência nos processos decisórios em especial no processo de elicitación de preferência;
- b) Analisar a atividade cerebral em situações diferentes e como elas se relacionam;
- c) Fazer análises comparativas entre as atividades cerebrais sob o contexto de escutar música e executar operações matemáticas;
- d) Contribuir com *insights* para o processo de modelagem de apoio a tomada de decisão.

1.4 Metodologia

Gil (2008) define a pesquisa como um procedimento sistemático e racional que possui como objetivo resolver problemas e questões propostas. De acordo com Miguel et al (2012), pode-se classificar a pesquisa de acordo com sua natureza, finalidade, objetivos e dados e junto com as técnicas e métodos de pesquisa utilizados eles são relevantes para a estruturação do projeto e caracterização da metodologia.

Portanto, a técnica utilizada nesta pesquisa é a documentação indireta, uma vez que foi realizada pesquisa bibliográfica em periódicos, livros, artigos diversos da área. A classificação da pesquisa pode se dar por: natureza quantitativa, pois foram realizadas análises estatística para poder se chegar aos resultados esperados e conclusões deste trabalho; de finalidade aplicada, já que há os experimentos práticos envolvidos que tornam possíveis que os resultados obtidos sejam aplicados em diversas situações; com objetivo exploratório, buscando preencher lacunas acerca da aplicação da neurociência na tomada de decisão e os dados utilizados a partir de pesquisa bibliográfica e experimentação (MIGUEL et al, 2012).

Esta pesquisa utilizará os dados obtidos no experimento realizado em 2019 no laboratório NSID, *Neuroscience for Information and Decision*, que utilizou os aparelhos Eye Tracker Tobii x120 e o eletroencefalograma *Emotiv Epoc* de 14 canais para captar os dados das ondas cerebrais e das pupilas dos participantes ao serem submetidos a situações de decisões após terem tido estímulos audiovisuais.

Os procedimentos iniciais do experimento consistiam na leitura das instruções sobre como o experimento seria conduzido além da assinatura do termo de consentimento por parte do participante. Em seguida foram tiradas todas as dúvidas acerca dos procedimentos que seriam realizados. Depois era colocado o EEG no participante e o Eye Tracker era calibrado para captar da melhor forma possível os dados, então o experimento era iniciado. A primeira

parte consiste na realização de quatro cálculos que iam aumentando o grau de dificuldade gradativamente, todos os problemas aritméticos apareciam para o decisor por 15 segundos, em seguida sendo substituídos por opções de resposta que tinha que ser selecionada para que fosse para o próximo cálculo.

A segunda parte do experimento focava na música, sendo exibidos quatro trechos de vídeo clipes diferentes, realizando assim um estímulo auditivo e visual. As quatro músicas exploradas eram de estilos muito diferentes para que fosse possível analisar como os diferentes ritmos podem afetar o cérebro na tomada de decisão. Sendo utilizados o funk com a música Show das Poderosas de Anitta, o rock nacional com Tempo Perdido de Legião Urbana, a música popular brasileira com Velha Infância de Tribalistas e representando a jovem guarda a música Como é Grande Meu Amor Por Você de Roberto Carlos. Todas as músicas foram em português devido a essa ser a língua nativa da maioria dos participantes. As quatro músicas foram escutadas pelos estudantes e no final houve um questionário sobre qual é a favorita deles.

A terceira e última etapa do experimento consiste na elicitación com Tradeoff. Os participantes estudantes do curso de Graduação e Pós-Graduação em Engenharia de Produção que estavam cursando disciplina relacionada a tomada de decisão multicritério, criaram um problema particular para ser utilizado no experimento, já os alunos da graduação em administração, usaram um problema geral acerca da escolha de um celular.

Quando o participante termina de realizar a elicitación por Tradeoff, pode ter inconsistência ou não de acordo com as respostas que foram dadas durante o processo de tomada de decisão. Havendo inconsistência são oferecidas três cursos de ação: pode-se repetir o processo de elicitación, pode-se aceitar as inconsistências que foram obtidas ou também pode-se adotar a sugestão do software para eliminar as inconsistências. No final o software mostra uma tabela com a ordem de preferências do participante que é obtida a partir de todo o processo de tomada de decisão, mais adiante no capítulo 3, o experimento e o software utilizados serão descritos em detalhes.

1.5 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos. O primeiro capítulo tem o intuito de introduzir o contexto geral no qual está inserido esta pesquisa, apresentando os principais pontos, o cenário no qual foi desenvolvido o experimento, os motivos que levaram ao uso da neurociência nos estudos dos processos decisórios, os objetivos do trabalho, sua justificativa e

a metodologia que foi utilizada.

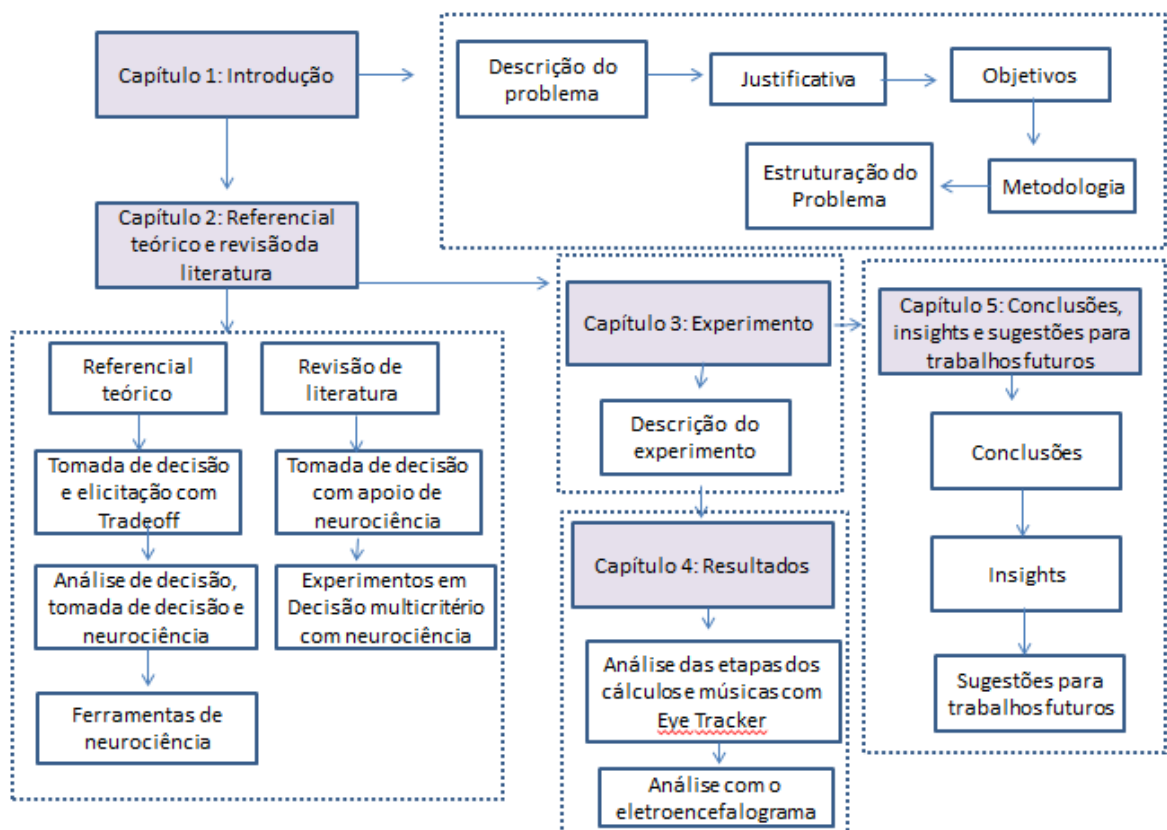
O segundo capítulo aborda os artigos e estudos que foram a base teórica para o desenvolvimento desta pesquisa, englobando os temas de tomada de decisão, elicitacão com o Tradeoff, análise comportamento, neurociências e suas ferramentas.

O capítulo três explica em detalhes o experimento que foi realizado, a sua metodologia, descreve todas as etapas realizadas, como o software do Tobii foi usado no experimento, as músicas e os cálculos selecionados e como a interface foi apresentada para os participantes realizarem as suas escolhas.

O quarto capítulo aborda como foi realizada a análise dos dados obtidos no experimento, tanto os oriundos do Eye Tracker como os do eletroencefalograma. A discussão dos resultados obtidos é realizada, buscando contribuir com os estudos de tomada de decisão.

O quinto e último capítulo desta dissertação consiste na conclusão dos resultados que foram alcançados, discutindo quais foram as contribuições deste trabalho e trabalhos futuros que podem ser realizados com este tema, além de recomendações de melhoria para o mesmo.

Figura 1 - Fluxograma introdução



Fonte: A Autora, 2020.

2 REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Referencial Teórico

Os tópicos a seguir abordam a base conceitual que foi utilizada para o desenvolvimento desta dissertação, sendo eles: tomada de decisão e elicitación com Tradeoff, análise comportamental, tomada de decisão e neurociência.

2.1.1 Tomada de Decisão e elicitación com Tradeoff

De acordo com de Almeida et al (2015), diariamente são tomadas diversas decisões nas organizações, sejam elas realizadas com ou sem o uso dos métodos formais de apoio a decisão. Sendo essas decisões uma atividade que causa bastante apreensão nos gerentes e executivos, tornando-se uma das principais funções dos mesmos. Uma vez que a competitividade das organizações e a sua existência futura é impactada diretamente pelo desempenho dos atores no processo decisório (de ALMEIDA et al, 2013). Portanto, aplicar um modelo de decisão formal auxilia as organizações a visualizarem suas alternativas, suas consequências e quais devem ser as ações que eles podem realizar. Um modelo de decisão consiste em uma representação formal e simplificada do problema analisado utilizando suporte de um método de decisão multicritério, o MCDM (Multicriteria Decision Making).

Os problemas de decisão multicritério estão presentes em diversas situações do cotidiano, desde questões profissionais até as pessoais, tendo como exemplo: a escolha de um carro, a seleção de fornecedores para uma empresa, a compra de um apartamento, um local para viajar, qual funcionário contratar, entre outros. Porém a complexidade do problema irá variar de acordo com a quantidade de alternativas, consequências, quais os possíveis cursos de ações e como os problemas serão estruturados e qual método será aplicado tem uma grande relevância para que ele seja resolvido. O principal ponto da abordagem multicritério é a elicitación de preferências do decisor, uma vez que ela é utilizada para buscar a melhor solução para o problema. De acordo com Vucijak et al (2016), a aplicação de decisão multicritério incorpora o juízo de valor dos decisores, com o objetivo de chegar a alternativa ótima, para tal, utiliza-se diferentes métodos de otimização para classificar alternativas ou seu conjunto e identificar qual é a mais indicada para a questão abordada.

Diversos atores influenciam no processo de tomada de decisão, seja de maneira direta ou indireta, mesmo que não possuam poder sobre a decisão final, sua opinião impacta a perspectiva do decisor sobre como enxergar o problema, tais atores são (ROY 1996):

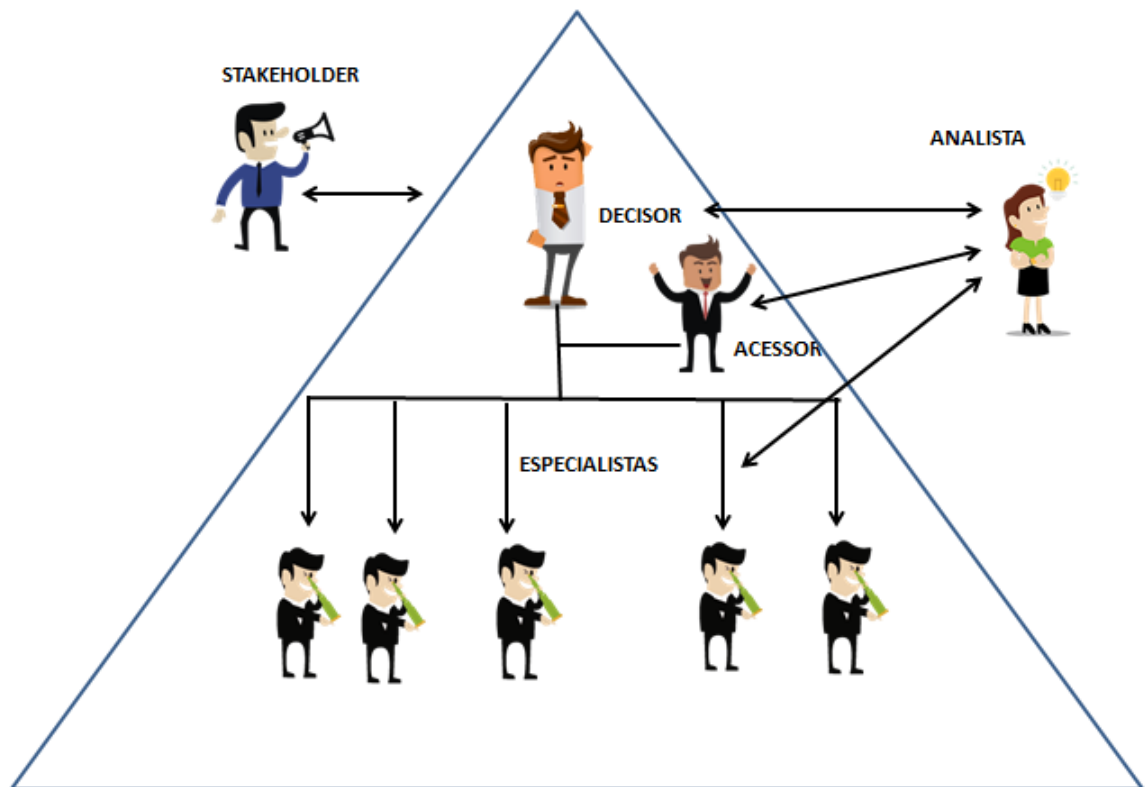
Tabela 1 - Atores do Processo decisório

Ator do Processo Decisório	Descrição	Influência no processo
DECISOR	É o responsável pela decisão realizada, as informações para a construção da estrutura de preferência é extraída deles.	DIRETA
ANALISTA	Auxilia no entendimento do problema e através da interação com o decisor, obtém as informações relevantes. Ele fornece a ajuda metodológica, sendo o responsável pela modelagem do problema.	INDIRETA
CLIENTE	Geralmente é muito próximo ao decisor, e em ocasiões na qual o responsável pela tomada da decisão não pode se dedicar junto ao analista ao processo de construção do modelo do problema, o cliente tem a responsabilidade de assumir esse papel.	DIRETA
ESPECIALISTA	Auxilia o analista ao fornecer as informações sobre o problema em questão. O especialista é um profissional que domina o assunto do problema, havendo a possibilidade de haver diversos analistas para um problema.	INDIRETA
STAKEHOLDER	Exercem influência sobre o decisor, uma vez que são afetados pela decisão final.	INDIRETA

Fonte: Adaptado de Roy, 1996.

A representação dos atores envolvidos no processo decisório é representado abaixo na figura 2. Ilustrando que os stakeholders tem um papel importante ao exercer a pressão nos decisores, uma vez que a decisão final realizada os impacta. Já o analista interage com os outros atores com a intenção de obter o máximo de informação acerca do problema analisado.

Figura 2 - Envolvimento dos atores do processo decisório



. Fonte: Adaptado de De Almeida et al (2013), i9tec 2019, Ibramerc 2019.

De acordo com de Almeida et al (2013), os modelos de decisão podem ser classificados como representações simplificadas da situação problema enfrentada, já os métodos de apoio a decisão são os responsáveis por estabelecer a estrutura de preferência do decisor, permitindo que sejam realizadas a avaliações das alternativas que estão inseridas no problema. Tais métodos podem ser classificados segundo Roy et al (1996) em: métodos de critério único de síntese – tendo como exemplo a teoria da utilidade multiatributo, também conhecida como MAUT; métodos de agregação aditivo determinístico e métodos de sobreclassificação - como por exemplo as famílias dos métodos PROMETHEE e ELECTRE; por último há os métodos interativos.

Há outra classificação muito relevante na literatura, que auxilia no entendimento do

problema e busca realizar uma pré-seleção do conjunto de métodos que é indicado para resolver a situação problema abordada pelo decisor. Estes são os métodos compensatórios e não compensatórios. Os métodos do primeiro grupo são aqueles nos quais um desempenho inferior em uma alternativa de um determinado critério pode ser compensado por um desempenho superior em outro critério, alguns exemplos de métodos que pertencem a este grupo são o MAUT, AHP e o SMART. Já os métodos não compensatórios não possuem essa racionalidade de compensação entre os seus critérios, as famílias dos métodos ELECTRE e PROMETHEE pertencem a esta classificação (de ALMEIDA et al, 2013). Dentro do grupo dos métodos compensatórios há o modelo de agregação aditiva determinística, o qual possui uma situação de certeza na obtenção do vetor de consequência x para cada alternativa a . Assim, realiza-se uma avaliação intracritério utilizando a função valor $v_j(a_i)$ para cada critério j . Obtendo-se a função valor global $v(a)$, conforme a equação 1:

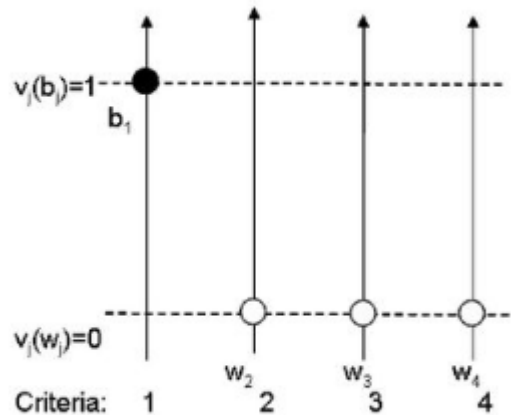
$$v(a_i) = \sum_{j=1}^n k_j v_j(a_i) \quad (1)$$

Sendo k_j a constante normalizada de escala para o critério j , onde temos a equação 2:

$$\sum_{j=1}^n k_j = 1; k_j \geq 0 \quad (2)$$

No contexto da escolha, a solução do problema consiste na seleção da alternativa que tiver o máximo valor global (a). Porém, um ponto importante é a questão da correta definição das constantes de escala, uma vez que elas não representam apenas o grau de relevância que determinada alternativa possui, mas também significam o grau de substituição inerente a ela, sendo necessário que na sua determinação se considere as consequências obtidas na avaliação de cada objetivo. Um procedimento importante que busca encontrar esse valor corretamente, elicitando a constante de escala é o Tradeoff (KEENEY, RAIFFA, 1976), que possui um maior rigor em relação a sua estrutura axiomática. Este procedimento se caracteriza por obter visões de tradeoff entre diversas consequências apresentadas ao decisor, sendo utilizadas consequências com performances melhores e piores, representadas por m_j e p_j para o critério j .

Figura 3- Comparação dos critérios no Tradeoff.



Fonte: Keeney e Raiffa, 1976

O procedimento Tradeoff é apresentado em seis etapas (de ALMEIDA et al, 2013), sendo elas:

- A avaliação intracritério, onde se busca obter as funções valores $v_j(x_j)$ para cada critério j apresentado pelo decisor;
- $$v(a_i) = \sum_{j=1}^n k_j v_j(a_i)$$

Sendo k_j a constante normalizada de escala para o critério j .

- A segunda etapa consiste na ordenação dos critérios do melhor para pior, considerando as consequências, tal que a melhor consequência seja $x_j=m_j$ para o critério i , e a pior seja $x_j=p_j$ para todos os critério com j diferente do critério i , de modo que o decisor possa realizar comparações entre as consequências de determinado critério de modo a ordenar as constantes de escala;
- A exploração do espaço de consequências é a etapa três, nela busca-se obter outras comparações de relações de preferência;
- A quarta etapa foca-se na obtenção da relação entre as constantes de escala, procurando encontrar algumas relações de indiferença I ao variar para um critério o valor de x_j entre as consequências m_j e p_j ;
- A etapa cinco é a avaliação de outras constantes de escala, nela repete-se as ações realizadas na etapa quatro, mas agora para os outros critérios que ainda não foram avaliados, assim obtém-se o número de relações que são necessários para ter-se os valores das constantes de escala k_j ;

- A última etapa é a seis, nela é realizada a finalização da elicitación com Tradeoff e é necessário a realização de alguns testes de inconsistências para averiguar se as comparações realizadas são condizentes com as preferências entre as consequências e se são consistentes com os valores calculados com a função valor $v(x)$ para os valores k_j .

A importância de se estudar sobre o comportamento humano nos processos de elicitación é justificada pelo fato de que caso se aplique erroneamente os métodos e procedimentos dos processos decisórios, pode-se chegar a um resultado que não corresponde aos desejos reais dos decisores.

2.1.2 Análise comportamental, tomada de decisão e neurociência

Como mencionado anteriormente, os estudos comportamentais são de vital importância para a pesquisa acerca de decisão multicritério, pois eles permitem que o processo de elicitación seja realizado de forma mais consistente, baseando-se não apenas nas questões matemáticas, mas também nos conhecimentos acerca do comportamento dos seres humanos e com o apoio da neurociência é possível conseguir atingir resultados melhores. Uma vez que se o procedimento de elicitación for aplicado de forma equivocada, os resultados obtidos não serão de acordo com os desejos do decisor, podendo levar a sua insatisfação, pois diversos fatores contribuem para os processos decisórios e muitos deles não estão vinculados apenas a parte matemática do processo, mas também as áreas de estudo cognitivo.

De acordo com Eagleman (2015) há diversos fatores conscientes e inconscientes que afetam as decisões tomadas diariamente, logo os estudos dos processos decisórios necessitam do apoio da neurociência para poder compreender como os fatores externos e internos podem impactar a tomada de decisão. Fatores como idade, experiências passadas, situação socioeconômica, crenças, vieses cognitivos e decisões passadas influenciam bastante as futuras escolhas que serão realizadas. Portanto as decisões feitas no passado impactam diretamente aquelas que serão feitas no futuro, uma vez que quando o impacto algo é positivo, o decisor geralmente realiza a mesma escolha buscando um resultado semelhante (DIETRICH, 2010).

Kahneman (2011) discute como o ser humano é influenciado pelos seus arredores de modo que seu inconsciente capta informações que não são percebidas pelo consciente e influencia nas ações realizadas, esse processo é chamado de priming. O priming ocorre, por exemplo, quando uma pessoa sorri ao tirar a foto de alguém sorrindo, esse processo impacta

nas escolhas que são realizadas mesmo sem ser percebido conscientemente. Esse exemplo demonstra como ao se estudar os aspectos comportamentais é possível obter informações sobre processos externos que impactam diretamente os decisores mesmo que eles não sejam percebidos conscientemente.

A análise comportamental permite compreender diversos aspectos acerca das escolhas que diversas pessoas realizam no seu cotidiano mesmo sendo decisões que irão ser prejudiciais a longo prazo, como é o caso do uso de drogas. Madden e Bickel (2010) discutem a questão da recompensa a longo prazo versus a recompensa a curto prazo como é o caso de utilizar substâncias ilícitas, participar de jogos de apostas e assim ter um prazer imediato. Já Kahneman (2011) aborda o tópico acerca de como as escolhas realizadas e as conclusões chegadas pelas pessoas é afetada pelos seus sistemas cerebrais: o sistema um e o sistema dois. O sistema um é automático e identifica conexões causais entre os eventos, já o sistema dois depende dos fatos e sugestões do meio e da memória associativa.

A incorporação dos estudos acerca dos aspectos comportamentais na tomada de decisão é observado desde o início da aplicação da teoria da utilidade, quando se derivava os pesos para obter as preferências dos decisores e assim mostrar resultados relevantes para a pesquisa descritiva no uso prescritivo da análise da decisão para a partir do conhecimento das influências comportamentais poder diminuir e evitar que erros aconteçam na tomada de decisão (WEBER, BORCHERDING, 1993). Já a aplicação da neurociência nos estudos dos processos decisórios começou a se dar de forma mais impactante a partir da década de 1990, com a aplicação multidisciplinar da psicologia em conjunto com a economia e a neurociência, utilizando técnicas e ferramentas da neurociência para entender mais profundamente os impactos da mente humana na tomada de decisão (GLIMCHER, 2014).

Fatores externos impactam diretamente o estímulo emocional e consequentemente as decisões tomadas pelas pessoas. Como exemplo temos a música, de acordo com Liebman et al (2015), a música consegue afetar o humor e a partir disso é possível alterar a escolha que o decisor realizará. Liebman et al (2015) realizou um experimento no qual os participantes escolheram se determinadas palavras tinham uma conotação positiva ou negativa enquanto escutavam músicas que induziam a um humor positivo ou negativo de acordo com as letras e o ritmo. A conclusão desse estudo foi que a música consegue induzir o humor das pessoas eficazmente, afetando qual escolha elas irão realizar.

Gorn (1982) mostrou em um estudo de análise comportamental como a música tem o poder de influenciar a escolha de produtos por consumidores. Em um experimento realizado numa sala de aula, Gorn colocou propagandas de canetas acompanhadas de músicas e pediu

para os estudantes avaliarem o quanto gostavam das músicas selecionadas e no final para escolherem qual caneta eles queriam ter. 79% dos estudantes selecionaram a caneta que associaram com a música gostaram e apenas 30% escolheram a que estava relacionada com a música que não apreciaram. Portanto, esse estudo mostrou como a escolha dos elementos que acompanham uma propaganda, como a música, tem um impacto na escolha do decisor.

Satpathy (2012) discute sobre como o estudo da neuro decisão é um desafio multidisciplinar que atua em diversas frentes diferentes ao buscar compreender como o ser humano realiza suas escolhas a partir das informações disponíveis no ambiente e a partir das suas vivências anteriores que impactam diretamente sua forma de agir. A neurociência permite que sejam realizados insights utilizando os conhecimentos acerca de como o cérebro humano age no momento da tomada da decisão e como esse conhecimento pode ser utilizado para que as escolhas sejam realizadas de forma que o decisor seja beneficiado.

Segundo Sanfey (2007) a neurociência auxilia os estudos decisórios por poder investigar mais profundamente as questões de interações humanas em contextos sociais, levando em consideração jogos de barganha, troca de reciprocidade, entre outras situações e poder analisar como o ser humano realmente age de acordo com a situação, o que muitas vezes é de uma forma diferente do que teorias clássicas dos estudos econômicos, como a teoria dos jogos afirma que seria a reação natural das pessoas. Estudos nas áreas de recompensa social, competição, cooperação, coordenação e raciocínio estratégico mostram que diferentes áreas do cérebro são ativadas de acordo com elementos que estão presentes na situação, modificando a forma como o decisor vai agir de acordo com elas. Sanfey (2007) discute como o striatum humano está envolvido nas escolhas sociais e que a ação do decisor vai além de recompensas financeiras e considera questões como sentimentos positivos que a sua conduta pode levar.

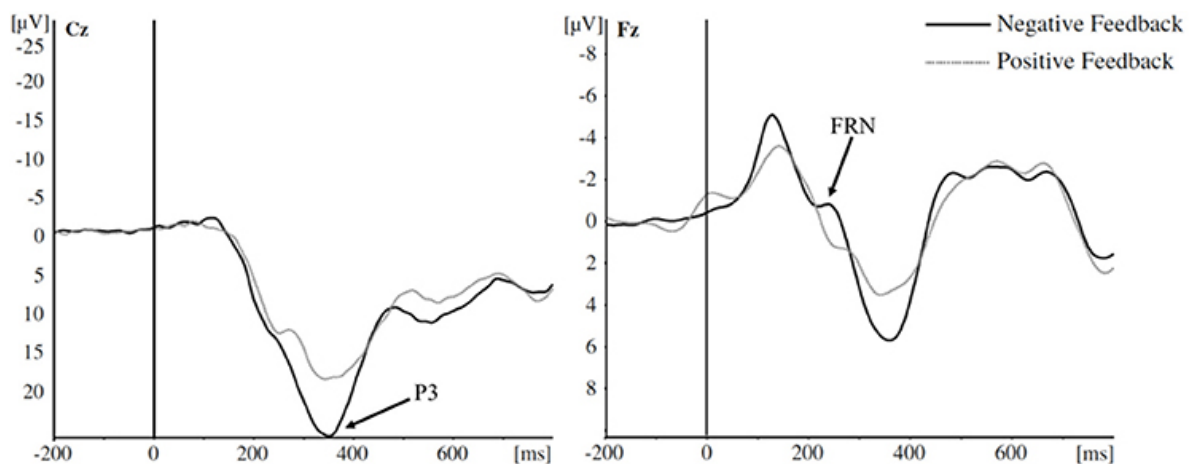
2.1.3 Ferramentas de neurociência

As ferramentas utilizadas na neurociência para compreender o cérebro humano como o eletroencefalograma – EEG-, o fMRI – imagem por ressonância magnética- e o Eyetracker pode ser explorados nos estudos de neurodecisão para compreender como pode-se utilizar esses instrumentos para apoiar a tomada de decisão. Esses equipamentos permitem que haja a visualização de imagens internas do cérebro e de suas funções, abrangendo a captação de ondas cerebrais, as áreas do cérebro que são ativadas em determinadas situações e também informações acerca da pupila que revela as reações humanas que não são captadas por outras

ferramentas.

De acordo com Debener et al (2016), o eletroencefalograma (EEG) capta a partir de eletrodos as ondas cerebrais emitadas pelo cérebro. Ele é um instrumento não invasivo e que capta os sinais mais superficiais, não causando problemas para os usuários do equipamento, utilizando medidas dos eventos relacionados aos potenciais cerebrais, os ERP's (event related potentials), a partir da atividade elétrica do cérebro. Diversos experimentos de diferentes áreas são realizados com esse equipamento devido a facilidade que há para o usuário de utilizá-lo, porém há muitos desafios que abrangem essa ferramenta, entre eles o fato de que diversos artefatos, como o movimento do participante, a iluminação da sala do experimento e até uma piscada de olho interferem nos sinais, além de que o participante precisa ficar sem realizar movimentos durante o experimento para que os dados sejam os melhores possíveis.

Figura 4: Representação de ERPs.

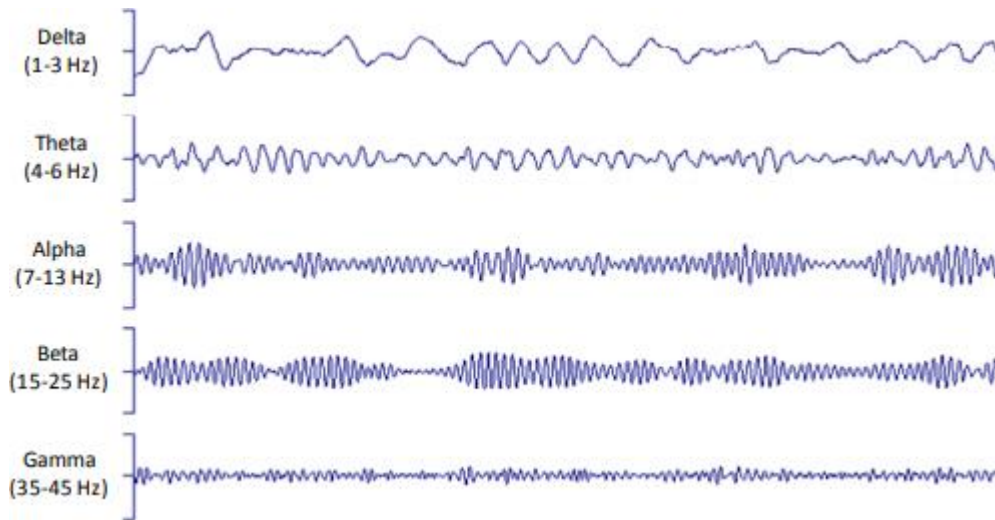


Fonte: CHANDRAKUMAR ET AL, 2018.

Mesmo com todos os desafios, utiliza-se bastante o EEG por ele permitir que estudos sobre o cérebro sejam realizados com mais facilidade. Este equipamento permite que sejam localizados as áreas corticais de ativação cerebral com precisão, tendo alta resolução temporal. Os dados obtidos são ondas que representam as atividades cerebrais e cada tipo de onda está relacionada com o estado no qual o cérebro se encontra, por exemplo, a onda delta está relacionada com a fase de sono profundo, tendo a potência de 1 a 3 Hz, a teta com meditação profunda e com sonhos, sendo de 4 a 6 Hz, a alfa está ligada com visualização e meditação, indo de 7 a 13 Hz, enquanto a beta significa que o sujeito está em alerta, sendo de 14 a 30 Hz e a gama que vai de 30 a 45 Hz representa alta atividade cerebral, estando relacionada com estudos e resolução de problemas (SHIV et al 2005 ; URIGÜEN; GARCIA-

ZAPIRAIN, 2015).

Figura 5 - Representação da frequências das bandas cerebrais.



Fonte: (FINGELKURTS; FINGELKURTS; NEVES, 2010)

Cada banda cerebral é associada a determinadas atividades, sendo determinadas bandas representando momentos de alto esforço cognitivo e de tomada de decisão. As bandas alfa, beta, teta e gama estão intimamente relacionada com processamento de informações, sendo a banda alfa vinculada a tomada de decisão num ato consciente do decisor, com o acesso a informações que são novos conhecimentos, sendo seus valores negativos da assimetria frontal relacionados a um baixo nível de engajamento e motivação do decisor, revelando como é que ele está se sentindo. Já a banda teta é ligada ao processamento de novas informações, por isso observa-se ela em momento de sono profundo no qual os novos conhecimentos são processados, porém Fischer et al (2018) observou que quando a atividade da banda teta eleva-se quando o sujeito é submetido a atividades complexas, porém está cansado, sem motivação, o que indica um baixo esforço cognitivo e um baixo engajamento. A banda beta relaciona-se com o controle cognitivo, enquanto a banda gama é associada aos processos cognitivos e perceptivos. (KLIMESCH, 2012; REZNIK & ALLEN, 2018; WASCHER et al, 2014)

Hewig et al (2011) investigou utilizando o EEG o porquê das pessoas não realizarem escolhas racionais quando estão tomando decisão. Para tal experimento foi utilizado o jogo do ditador e do ultimato para ver o efeito da tomada de decisão. No jogo do ultimato e do ditador dois jogadores precisam dividir uma quantia de dinheiro, com um proponente especificando o valor dessa decisão, tendo o jogador a opção de aceitar ou rejeitar a oferta. Caso a oferta seja aceita, a quantia é dividida no valor especificado, mas se for rejeitada ninguém recebe

nenhum valor. Se nesse jogo as pessoas agissem motivadas apenas por interesse próprio, elas deveriam aceitar qualquer valor que fosse proposto de acordo com as teorias clássicas da Teoria dos Jogos, porém a maioria dos participantes desse jogo levam em consideração a confiança e reciprocidade. O experimento de Hewig et al (2011) descobriu que um componente cerebral, o ERP que consiste numa onda sistemática que possui sentidos positivos e negativos e refletem os processos neurocognitivos quando um estímulo cerebral é apresentado, estava relacionado com o reforço de aprendizagem e que ele buscava prever e rejeitar ofertas que não fossem justas no jogo do ultimato. Esse exemplo mostra como fatores subjetivos tem um grande impacto nos processos decisórios.

Outro equipamento utilizado nos estudos de neurociência é o fMRI, o Functional magnetic Resonance Imaging, conhecido como o imagem por ressonância magnética. Este equipamento utiliza o nível de oxigenação do sangue para captar imagens de quais áreas do cérebro são ativadas quando determinados estímulos são realizados. A riqueza do instrumento está no fato dele poder mostrar precisamente quais regiões anatômicas do cérebro são estimuladas a partir da ativação neural, além de ser não invasivo e seguro para o uso em pesquisas e em exames (MARKETT, 2016).

Ettinger e Klein (2016) abordam sobre um terceiro equipamento bastante utilizado nos estudos de neurociência, o EyeTracker. O EyeTracker permite que sejam obtidos informações acerca dos processos cognitivos a partir dos movimentos dos olhos, incluindo dados pupilométricos que abrangem a dilatação da pupila, o movimento realizado pelos olhos, o tipo de movimento realizado, quanto tempo o usuário fixou o olhar em determinado lugar entre outros. Essas informações permite que sejam avaliados como o decisor analisou visualmente determinada situação antes de realizar determinada escolha, sendo uma fonte rica de informações. O rastreamento ocular auxilia na determinação do foco de atenção do usuário do equipamento, permitindo ver o caminho realizado pelos olhos do sujeito e os locais onde a visão foi fixada, além dos movimentos oculares e as medidas pupilométricas. A dilatação da pupila é um dados mais ricos para informar sobre os limiares de decisão, uma vez que quando enfrentada uma situação que requer um esforço cognitivo, os olhos informam as reações a partir da dilatação da pupila, ou seja, os olhos permitem que seja analisado a intensidade do processamento de informação no cérebro(LAENG; SIROIS; GREDEBÄCK, 2012).

Figura 6: Equipamentos de neurociência.



Fonte: A: Tobii Pro (2019); B: Emotiv (2019); C: Developmental Affective Neuroscience Laboratory (2019)

A análise pupilométrica é rica para o estudo de tomada de decisão, uma vez que ela é involuntária, logo não há como o decisor forçar os dados da pupila a serem de determinada forma, além de que as mudanças na dilatação que ocorrem devido a esforço cognitivo é de cerca de 0.5mm, sendo diferente da mudança ocorrida devido a luz que varia até 4mm (com desvio padrão de 0.9mm) fazendo a pupila até dobrar de tamanho (LAENG; SIROIS; GREDEBÄCK, 2012). Além de ser bastante rico em informações, o eye-tracker permite que sua análise seja combinada com a do Eletroencefalograma, o EEG, isto permite que mais informações sejam extraídas acerca da atividade cerebral dos sujeitos, como os picos dos potenciais das sacadas, os movimentos oculares, além de analisar os artefatos do movimentos oculares, que são os potenciais elétricos de movimentos não provenientes do cérebro e que portanto devem ser descartados da análise (PLOCHL, OSSANDON, KONIG, 2012; ANGHINAH et al, 2006).

2.2 Revisão de Literatura

São apresentados nesta seção diversos estudos sobre tomada de decisão e neurociência. Primeiramente exploram-se as pesquisas de diferentes áreas de decisão que fizeram uso das ferramentas de neurociência, em seguida os estudos que focam em decisão multicritério.

2.2.1 Tomada de decisão com o apoio de neurociência

Devido à natureza multidisciplinar da neurociência, ela é utilizada em pesquisas de

diferentes áreas do conhecimento, como economia, biologia, engenharia e medicina. Nos estudos de tomada de decisão ela é utilizada como uma ferramenta de apoio, uma vez que ao analisar as respostas psicofisiológicas do corpo é possível entender melhor como os sinais do corpo mostram o processo de escolhas que está sendo realizado pelo decisor. A dilatação da pupila, o local onde os olhos estão focando, as diferentes ondas cerebrais são sinais do corpo que mostram como todo o processo decisório está afetando o homem, logo, é possível utilizar essas informações para o apoio à decisão.

Bechara e Damasia (2005) utilizaram como base as emoções que os decisores sentem durante o processo de escolha para propor um modelo decisório econômico que usa a emoção como um fator chave no processo. Já Sanfey et al (2003) mostra como os modelos de decisão econômicos clássicos não refletem como os processos ocorrem na realidade, para tal foi apresentado um jogo decisório chamado Ultimatum Game, o qual foi aplicado em dezenove participantes, os quais foram separados em duplas onde um seria o respondente e o outro o ofertante, quando o respondente aceitasse a oferta que o ofertante tinha dado, os dois receberiam o montante acordado, porém caso o respondente negasse a oferta, nenhum levaria nada. Foi utilizada a ferramenta fMRI no estudo, onde foi possível visualizar que determinadas áreas do córtex cerebral eram ativadas de acordo com os sentimentos de justiça e de injustiça que eram sentidas pelos participantes, o que confirmou que os aspectos comportamentais que não são considerados nos modelos decisórios clássicos são importantes.

A partir da influência dos aspectos comportamentais nos estudos decisórios, Sanfey (2007) analisa como os fatores afetivos e a interação das recompensas afetam as negociações a partir de jogos competitivos. Já Nagvi et al (2006) explora a temática de como as emoções afetam a tomada de decisão mas que os reflexos disso podem ser observados não apenas analisando o cérebro e os olhos, mas que outras áreas do corpo respondem a este estímulo também.

A utilização do eye-tracker nos experimentos de decisão podem ser observados em Kim et al (2012), o qual observou como os movimentos oculares eram realizados quando o sujeito tinha que realizar escolhas em loterias probabilísticas. Bault et al (2016) também realizou um experimento semelhante, que mostrou que os movimentos de fixação estão relacionados com as diferenças de preferências do decisor, e que estão vinculadas com os feedbacks de perda.

Massar et al (2016) avaliou se havia relação entre o nível de esforço cognitivo do decisor com o valor esperado do ganho que a decisão levaria. Foi realizado um experimento com uma tarefa que necessitava bastante atenção com diversos tipos de recompensas e foram

mensurados os custos dos desempenhos, sendo a dilatação da pupila a medida para o teste de hipótese. Os resultados obtidos mostraram que quanto maior a recompensa, maior o desempenho e o nível de esforço cognitivo. Kang et al (2011) realizou um estudo sobre como o cérebro diferencia cálculos de valoração reais e hipotéticos utilizando o equipamento fMRI, os resultados do estudo mostraram que em ambas situações as áreas do córtex orbitofrontal e do estriado ventral se relacionam com as medidas dos valores dos bens, porém é mais forte na escolha real.

Strombach et al (2015) utilizou o fMRI em um experimento na área de jogos com decisões sociais, no qual os participantes precisaram escolher entre alternativas consideradas generosas e outras egoístas. Descobriu-se que as escolhas generosas afetam a junção tempoparietal (TPJ) cerebral, o que facilita em superar o egoísmo.

2.2.2 Experimentos em Decisão multicritério com neurociência

Estudos na área de decisão multicritério que utilizam ferramentas de neurociência como o EEG, o eye-tracker e o fMRI são realizados em diversos laboratórios, abordando diferentes tipos de problemas. O experimento realizado por Roselli et al (2018) utilizou o EyeTracker para conseguir analisar a avaliação da visualização gráfica que os decisores tem ao poderem utilizar ferramentas de apoio a decisão, como o software do método FITradeoff, que busca realizar uma flexibilização do Tradeoff e como os decisores selecionam suas alternativas finais a partir dos resultados obtidos no estudo dos gráfico e se a visualização gráfica auxilia o decisor a ter insights a respeito do processo decisório.

Kushaba et al (2013) utilizou o EEG e o eye-tracker para avaliar o comportamento fisiológico dos participantes quando solicitados a realizar uma escolha sobre qual biscoito preferem, sendo as características de sabor, forma e cobertura distintas entre os tipos de biscoitos. Os resultados de tal estudo revelaram que áreas distintas do cérebro e determinadas ondas cerebrais estão relacionadas com as preferências, sendo estas as regiões frontal (beta, alfa e delta), occipital (teta, beta e alfa) e temporal (gama, beta e alfa).

O estudo com o fMRI feito por Goucher-Lambert et al (2017) abordou a tomada de decisão em relação a compra de produtos sustentáveis, analisando o ganho social versus o ganho individual. Hunt et al (2014) investigou como o processo de decisão é realizado pelo cérebro, observando que um mecanismo de competição entre os atributos é ativado em todas as fases do processo decisório.

2.3 Síntese do capítulo

As diversas ferramentas de neurociência são utilizadas em diferentes áreas de estudo, auxiliando na compreensão não apenas de questões médicas, mas também no entendimento do comportamento humano, havendo o potencial de seu uso nos estudos de decisão multicritério e no melhoramento dos métodos existentes. Uma vez que ao compreender o decisor e como as questões que afetam seu inconsciente, pode-se otimizar os procedimentos de eliciação como o Tradeoff.

3 EXPERIMENTO

A seguir é descrito como foi realizado o experimento, os equipamentos que foram utilizados e os softwares, além de mostra como as análises dos dados obtidos foram realizadas e os resultados obtidos.

3.1 Participantes

O experimento foi composto por 78 alunos dos cursos de graduação, mestrado e doutorado em Engenharia de Produção da UFPE e alunos do curso de graduação em Administração da mesma instituição participaram do experimento, porém as análises da amostra final foi composta por 31 alunos devido a problemas encontrados com a limpeza dos dados. Os estudantes apresentavam idades entre 18 a 40 anos, sendo sua maioria entre 22 a 30 anos.

Os participantes não tiveram contato uns com os outros, pois cada um entrava separadamente na sala para receber as instruções e era recomendado que não comentasse sobre o experimento com outras pessoas que ainda iriam realizá-lo. Era verificado o estado de saúde do usuário, solicitando-se que preenchesse um formulário informando como estava se sentindo e caso houvesse realizado o uso de alguma medicação, dizer qual foi.

3.2 Descrição do Experimento

Um dia antes da realização do experimento, era enviado um e-mail para os participantes com as instruções do experimento, além do pedido para confirmar a sua participação. Ao chegar na sala onde os procedimentos seriam realizados, os participantes liam as instruções sobre como o experimento ocorreria e em seguida era necessário assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, o TCLE, uma vez que a pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Pernambuco e um dos procedimentos padrão é que seja assinado o TCLE com o intuito de proteger os dados do participante e garantir a sua integridade.

Dois equipamentos foram utilizados: o Tobii x120 e o EmotivEpoc de 14 canais, ambos tem o intuito de gravar dados neurológicos, sendo o primeiro os relacionados com a pupila e o segundo com as ondas cerebrais. Tais dados foram utilizados como um suporte para auxiliar a entender melhor como o esforço cognitivo realizado em situações diferentes interferem na tomada de decisão dos participantes, de tal modo que as ferramentas de

neurociência ajuda no apoio dos processos decisórios.

O equipamento Tobii x120, que foi o utilizado nesta pesquisa, captura os dados com uma frequência de até 120Hz, sendo possível que estudos que buscam obter dados acerca do comportamento humano que estão além do controle do decisor sejam analisados. No caso desta pesquisa, o Tobii x120 auxiliou na obtenção dos movimentos oculares sacadas, que consiste em movimentos rápidos que permitem redirecionar a linha de visão além de auxiliar na obtenção de informações acerca do ambiente na qual se encontra o decisor de forma mais rápida (HESSELS, 2018; NETTO & COLAFÊMINA, 2010). A sacada tem a duração de dezenas de milissegundos, atingindo a velocidade alta, na qual o decisor muda o foco da visão, já o segundo movimento ocular analisado foi a fixação, que ocorre quando o olhar é fixado em um certo local por um período de tempo um pouco maior, permitindo que os detalhes da imagem que está sendo observado sejam processados. A fixação é um processo dinâmico que é controlado pelas mesmas estruturas cerebrais que estão relacionadas a movimentos oculares direcionados a objetivos do decisor (KRAUZLIS, GOFFART, HAFED, 2017). Portanto, sacada e fixação foram os dois movimentos analisados nesta pesquisa.

Figura 7 - Tobii X 120.

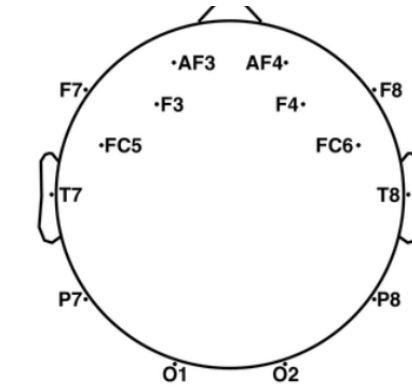


Fonte: Bargal (2019)

Outro equipamento utilizado foi o EMOTIV EPOC de 14 canais, o qual possui catorze eletrodos que capturam as ondas cerebrais do participante do experimento, coletando até 128 amostras de ondas cerebrais por segundo em cada canal. O EPOC consegue obter informações dos lobos frontal, pré frontal, temporal, parietal e occipital do cérebro. Para que o EEG esteja

captando corretamente as ondas cerebrais, é necessário que cada um dos eletrodos esteja na posição correta e que seja exibido uma luz verde no computador, indicando que o eletrodo está captando os sinais, a figura abaixo mostra a posição certa do equipamento na cabeça do participante.

Figura 8 – Localização correta dos eletrodos.

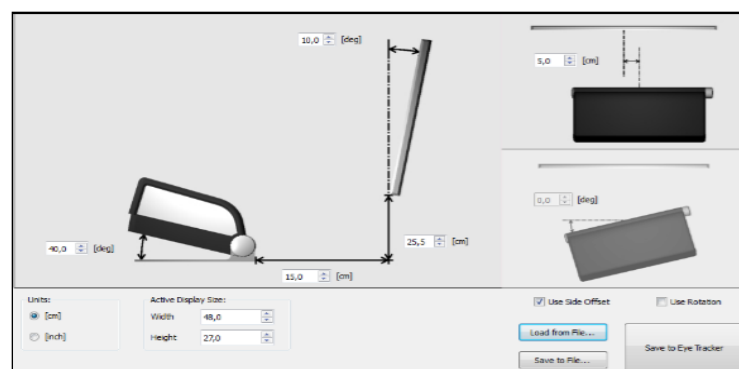


Fonte: Morán e Soriano, 2018.

Os equipamentos foram colocados de modo padronizado, para evitar vieses nos resultados devido ao posicionamento dos mesmo, logo, o Eye Tracker Tobii x120 foi disposto à 70 cm do participante, que de acordo com o manual de instrução do aparelho é a distância ideal (Product Description, Tobii X/T series Eye Trackers, 2019).

O instrumento foi conectado a um monitor HP, cuja resolução é 1920 x 1080 pixels, o qual o participante ficava de frente, de modo a ter acesso as informações visuais e assim poder realizar o experimento. Após ter se posicionado em frente ao monitor, o eletroencefalograma (EEG) era colocado na cabeça do participante, de modo que as suas ondas cerebrais fossem captadas corretamente pelo aparelho. Em seguida, era conferido no software Tobii Studio se a configuração do Eye Tracker estava correta, como é mostrado na figura abaixo.

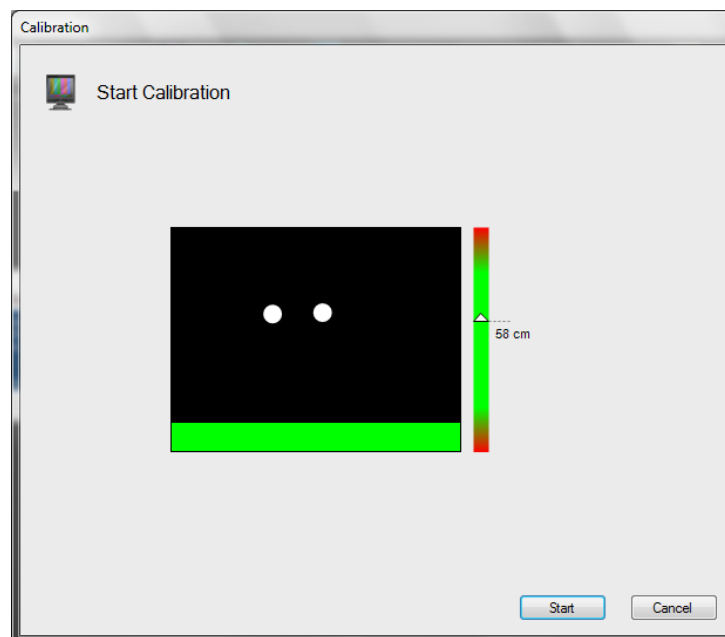
Figura 9 – Configuração do eye tracker



Fonte: A Autora, 2020.

Após a conferência de que a configuração do Eye Tracker está correta, a próxima etapa consiste na calibração dos olhos do participante. A calibração é essencial para que o Eye Tracker consiga captar com precisão os dados pupilométricos do participante, uma vez que durante esse passo, as características geométricas dos olhos são analisados para que sejam utilizados como base para conseguir capturar e calcular as informações do ponto de vista do participante (Tobii Pro, 2019). Inicialmente pede-se para que o sujeito olhe para uma tela preta, onde aparecerá dois pontos brancos que representam os olhos, o ideal é que os olhos fiquem na margem verde da tele, como representado na figura abaixo:

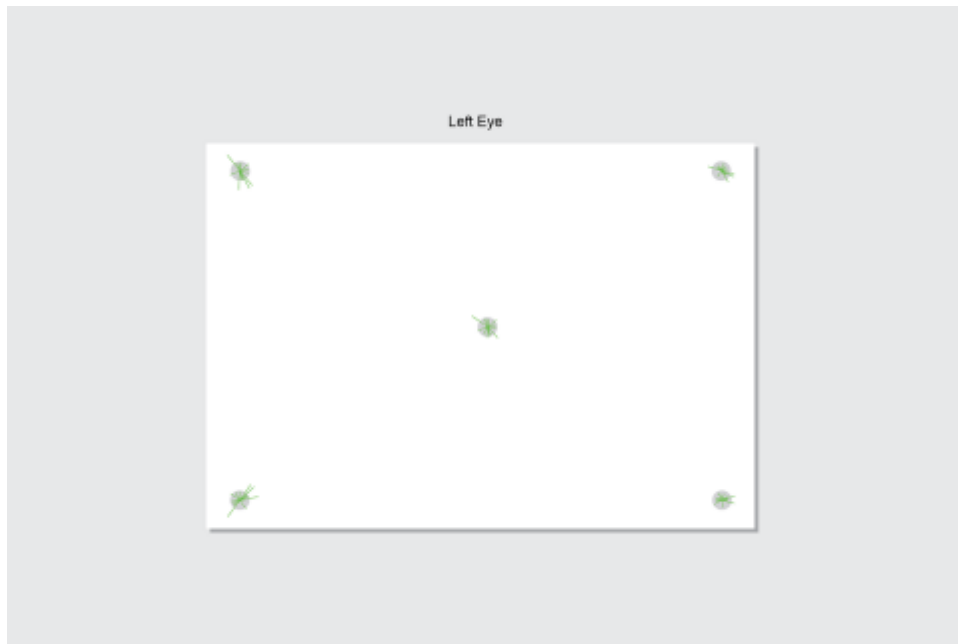
Figura 10 – Processo de calibração.



Fonte: CREx, 2019

Em seguida, pede-se para que o participante acompanhe com o olhar os pontos específicos da tela, que são os pontos de calibração, com o intuito de o equipamento coletar diversas imagens do olho e analisá-las, de modo que o resultado obtido mostre a qualidade da calibração dos olhos, que está vinculada com a qualidade de captação das informações oculares pelo equipamento. Espera-se que o resultado da calibração seja como o da figura abaixo, na qual o Eye Tracker conseguiu obter os melhores dados dos olhos do sujeito, porém, caso a resposta do processo seja muito distinta, tendo muitos pontos divergentes, repete-se o processo.

Figura 11 – Calibração dos olhos no eye tracker



Fonte: Tobii Pro, 2019

O experimento então é iniciado. É solicitado que o participante fixe o olhar numa cruz de fixação, uma vez que ela permite que o olhar seja estabilizado, diminuindo a quantidade de movimentos involuntários que é realizado pelo olho (THALER et al, 2013). A cruz de fixação aparece por cinco segundos e em seguida é apresentado ao sujeito uma equação aritmética, que fica disponível por quinze segundos na tela, e então quatro opções de respostas para a questão que foi exibida anteriormente. No total são quatro cálculos aritméticos, com o nível de dificuldade sendo elevado ao decorrer do experimento. As opções de resposta também necessitava de um esforço cognitivo elevado por parte dos participantes, uma vez que eram expostas opções de respostas não diretas, pois não apresentavam igualdade, mas sim desigualdade para que o decisor pudesse analisar com mais cuidado as respostas. A tela com as respostas ficava disponível pelo tempo que o participante precisasse, indo para a tela seguinte apenas após ele selecionar uma resposta.

Figura 12 - Cálculos aritméticos e opções de respostas exibidas do experimento.

$7 \times 6 = ?$	45 =48 <43 >42 <40
$42 + 94 - 2 = ?$	< 130 >134 <131 >131 =129
$(7 \times 4) + (24/2) + 19 = ?$	=58 >61 <60 =62 >60
$30 - 15 + (3/2) \times (5 - 1) = ?$	<18 =20 >22 <22 =19

Fonte: A Autora, 2020.

Após a finalização da etapa dos cálculos, houve o início da etapa da música. Quatro músicas de estilos diferentes foram escolhidos para o experimento: Show das Poderosas da cantora de funk e pop Anitta, Tempo Perdido da banda de rock Legião Urbana, Velha Infância da banda de MPB Tribalistas, e Como é grande o meu amor por você do cantor da jovem guarda Roberto Carlos. A seleção musical foi feita buscando englobar os diferentes estilos musicais que são mais comuns no Brasil, principalmente levando em consideração a faixa etária da maioria dos participantes do experimento (entre 18 a 35 anos) e a familiaridade que poderia haver com as canções, pois todas as quatro são bastante conhecidas no Brasil.

As músicas foram apresentadas para os sujeitos a partir dos vídeo clipes delas, sendo exibido um trecho de cerca de um minuto de cada. Inicialmente mostrou-se o título da música, em seguida o trecho do vídeo clipe é exibido, esse processo repete-se quatro vezes, uma vez para cada música.

Figura 13 - Títulos das músicas e artistas apresentados antes dos vídeos.

1	2
SHOW DAS PODEROSAS – ANITTA	TEMPO PERDIDO – LEGIÃO URBANA
3	4
VELHA INFÂNCIA – TRIBALISTAS	COMO É GRANDE O MEU AMOR POR VOCÊ – ROBERTO CARLOS

Fonte: A Autora, 2020.

Após o estímulo auditivo e visual do vídeos das músicas, é exibido um questionário para saber qual é a preferência de cada decisor em relação a seleção musical que foi utilizada no experimento. Tendo as quatro opções das músicas, além de uma quinta que consiste em “não tenho preferência”.

Em seguida, iniciou-se para o processo de elicitação Tradeoff. Os alunos de engenharia de produção que realizaram o experimento, tinham elaborado em sala de aula um problema de decisão multicritério, portanto as questões elaboradas pelos alunos possuíam critérios e alternativas diferentes, já os alunos de administração tiveram um problema padrão sobre a seleção de um telefone celular. Cada problema era importado para o software antes de o participante chegar à sala do experimento, o modelo padrão de importação é apresentado abaixo.

Tabela 2 - Planilha padrão de importação para o Software.

Criteria	Preço	Camera	Memória (gb)	Bateria (h)
PreferenceDirection	Decrescent	Crescent	Crescent	Crescent
Type	Natural	Constructed	Natural	Constructed
Scale	\$ (MonetaryValue)	Verbal Scale	\$ (NumericValue)	Verbal Scale
Iphone X	5.139,00	5	256	12
Samsung S9	2.849,00	4	128	14
Moto g7	1.689,00	2	64	14
Galaxy J7	950,00	3	16	10
Iphone 7	2.749,00	1	32	10

Fonte: A Autora, 2020.

Inicialmente, o software é aberto na frente dos participantes, onde é selecionado qual sujeito está realizando o experimento e em seguida o participante precisa começar o seu processo de elicitação, englobando todas as fases do Tradeoff.

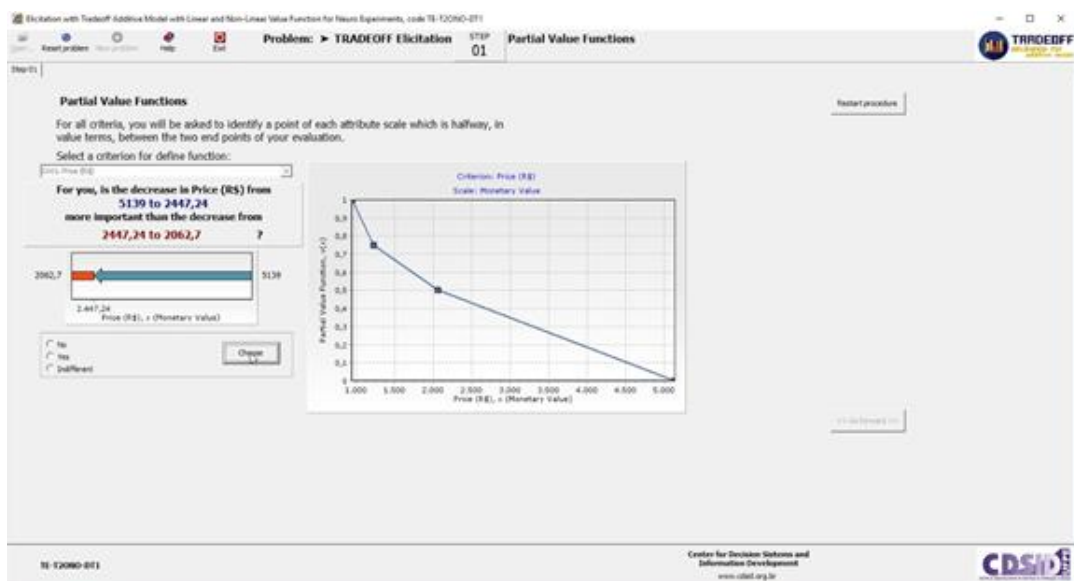
Figura 14 - Tela do Software Tradeoff.



Fonte: A Autora, 2020.

A primeira etapa do Tradeoff consiste na avaliação da função valor parcial através do método da bisseção, no qual o sujeito seleciona o primeiro critério e em seguida ele começa o procedimento, no qual ele precisa analisar se a alteração de valor e um determinado critério de A para B é mais importante do que se houver a diminuição de C para D. Há três opções de resposta: sim, não e indiferente. De acordo com a resposta selecionada, aparecerá outro valor para a questão ou irá se concluir caso o decisor seja indiferente. Tal processo se repete até o decisor encontrar três pontos de indiferença em todos os critérios, conforme a figura abaixo.

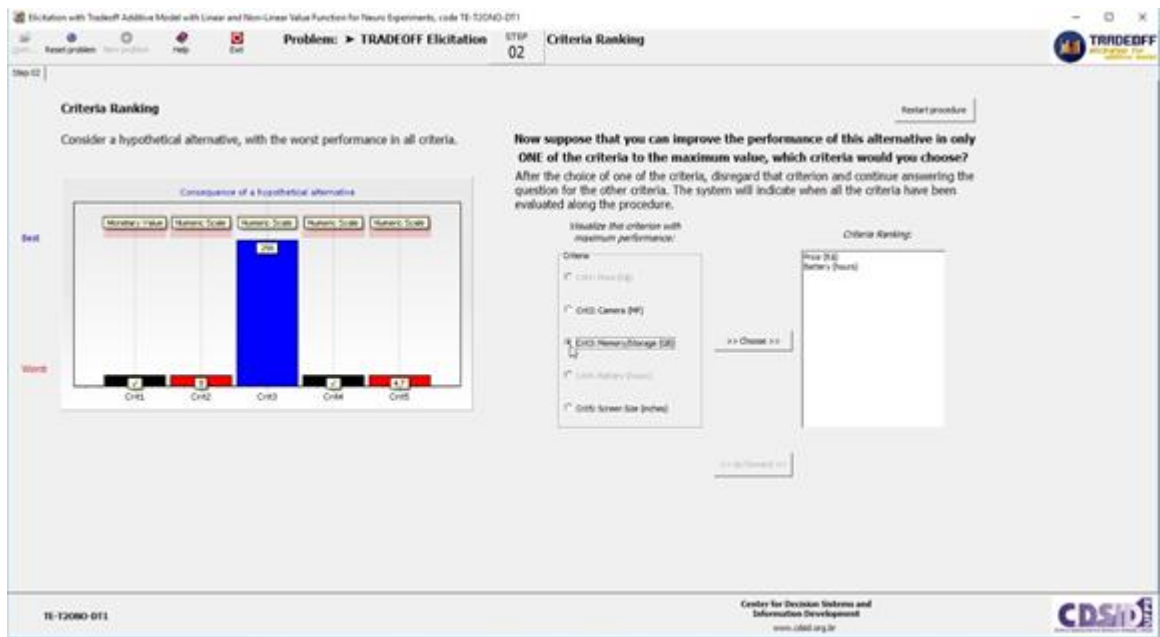
Figura 15 - Avaliação da função do valor parcial através da bisseção.



Fonte: A Autora, 2020.

A etapa seguinte é a da ordenação, no qual os sujeitos precisam colocar em ordem de preferência os critérios mais importantes para eles, no qual o primeiro critério selecionado é considerado o mais significativo e o próximo é menos significativo do que o primeiro até que o último seja ordenado.

Figura 16 - Etapa de ordenação.



Fonte: A Autora, 2020.

A etapa seguinte é a exploração do espaço consequência, no qual é apresentado ao decisor duas consequências comparando um determinado critério com uma determinada performance e outros dois critérios com outra determinada performance, sendo questionado qual das duas opções é considerada melhor para o decisor, tendo três opções de resposta: consequência um, consequência dois ou indiferente.

Figura 17 - Exploração do espaço consequência.

Exploring the space of consequences

Best Worst

Consequence 1

Monetary Value Numeric Scale Numeric Scale Numeric Scale Numeric Scale

5139 8 258 10 4.7

Crit1 Crit2 Crit3 Crit4 Crit5

Best Worst

Consequence 2

Monetary Value Numeric Scale Numeric Scale Numeric Scale Numeric Scale

5139 12 16 10 5.24

Crit1 Crit2 Crit3 Crit4 Crit5

Which consequence offers the best performance?

☐ Consequence 1

☐ Consequence 2

☒ Indifferent

Choose

Summary of inequations

$k_1 > k_2 < k_5$
 $k_4 = k_3 = k_2$

Legend:

Ki represents the scale constant relative to Crit i criterion (of index i)

Crit 1: Price (R\$)
 Crit 2: Camera (MP)
 Crit 3: Memory (Storage) (GB)
 Crit 4: Battery (hours)
 Crit 5: Screen Size (inches)

TE-T20N0-DT1

Center for Decision Systems and Information Development
 www.cdsid.org.br

CDSID

Fonte: A Autora, 2020. . , 2020.

A obtenção das constantes de escala é a etapa seguinte, que se assemelha bastante a etapa anterior, porém agora a comparação é realizada entre um critério da primeira alternativa com um critério da segunda, questionando o decisor sobre qual é a consequência preferível. A comparação é concluída quando o decisor seleciona a opção de indiferença entre as duas consequências.

Figura 18 - Elicitação das constantes de escala.

Obtaining the Scale Constants

Best Worst

Consequence 1

Monetary Value Numeric Scale Numeric Scale Numeric Scale Numeric Scale

5139 8 258 10 4.7

Crit1 Crit2 Crit3 Crit4 Crit5

Best Worst

Consequence 2

Monetary Value Numeric Scale Numeric Scale Numeric Scale Numeric Scale

5139 12 16 10 5.24

Crit1 Crit2 Crit3 Crit4 Crit5

Which consequence offers the best performance?

☐ Consequence 1

☐ Consequence 2

☒ Indifferent

Choose

Summary of inequations

$0.25 * k_1 = k_4$

Legend:

Ki represents the scale constant relative to Crit i criterion (of index i)

Crit 1: Price (R\$)
 Crit 2: Camera (MP)
 Crit 3: Memory (Storage) (GB)
 Crit 4: Battery (hours)
 Crit 5: Screen Size (inches)

TE-T20N0-DT1

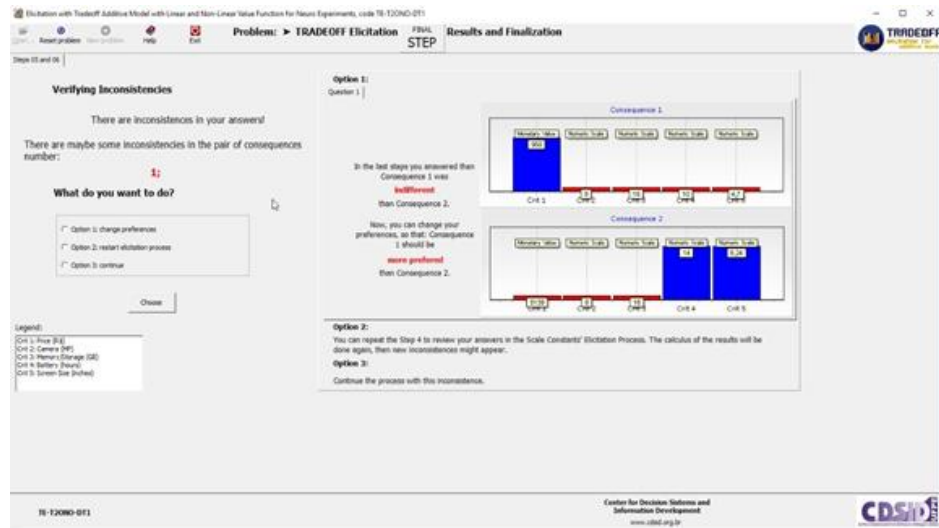
Center for Decision Systems and Information Development
 www.cdsid.org.br

CDSID

Fonte: A Autora, 2020.

Caso haja inconsistência, uma etapa adicional é apresentada, na qual o decisor seleciona qual ação ele gostaria de realizar devido à inconsistência: tornar as inconsistências em dados consistentes, refazer o processo de elicitación ou opção três que consiste em obter os resultados mesmo com as inconsistências.

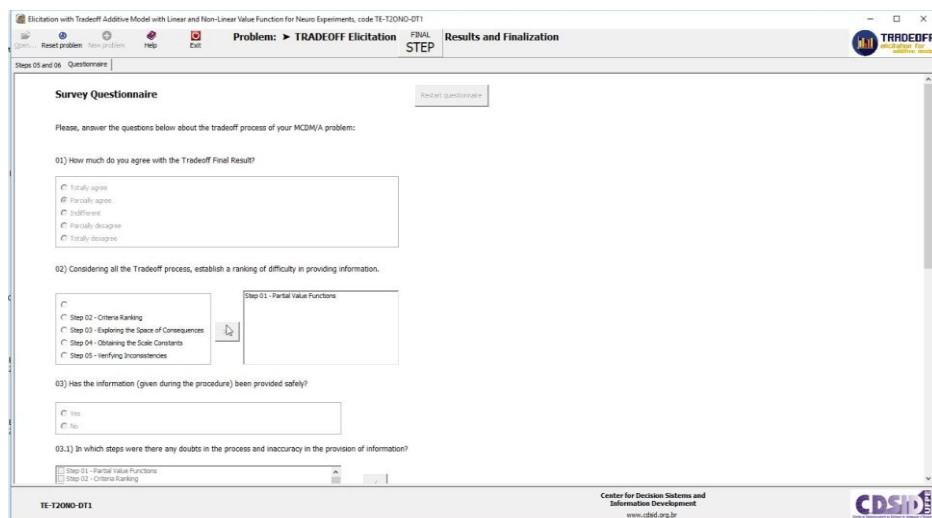
Figura 19 - Avaliação de inconsistências.



Fonte: A Autora, 2020. . , 2020.

Após a finalização do experimento, é realizada uma pesquisa de satisfação com o usuário, na qual ele informa em qual etapa encontrou mais dificuldade e sugere como é possível melhorar o software.

Figura 20 - Questionário final.



Fonte: A Autora, 2020.

3.3 Síntese do capítulo

O experimento realizado buscou encontrar a relação da atividade cerebral do decisor em três situações distintas: ao ouvir quatro músicas que são de diferentes estilos musicais, ao observar e resolver quatro operações aritméticas que possuem variados níveis de dificuldades e ao resolver um problema utilizando o software do Tradeoff. Todos os participantes realizaram as três etapas, demonstrando suas preferências e o esforço cognitivo necessário para cada um. Os resultados obtidos serão apresentados no capítulo seguinte.

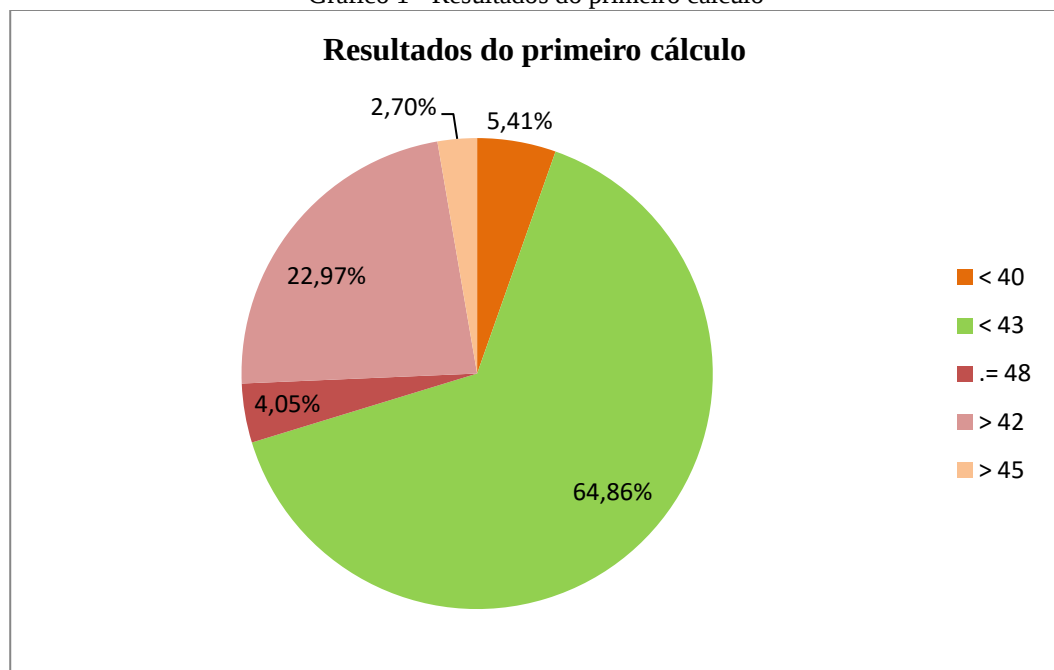
4 RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados que foram obtidos por meio da realização do experimento, realizando a análise estatística dos dados do Eye Tracker e a análise das informações captadas a partir do eletroencefalograma, comparando-as com os resultados do software Tradeoff.

4.1 Análise das etapas dos cálculos e música com o Eye Tracker

A primeira etapa do experimento consistiu na realização de quatro cálculos aritméticos de dificuldades variadas. O primeiro cálculo - 7×6 – foi selecionado devido a sua facilidade, uma vez que espera-se que os participantes possam responder essa questão com rapidez devido a familiaridade que há com a tabuada, pois $7 \times 6 = 42$, portanto a resposta correta é que o resultado é menor que 43. Os resultados mostram uma taxa de acerto de 64,86%.

Gráfico 1 - Resultados do primeiro cálculo



Fonte: A Autora, 2020.

As médias obtidas da pupila esquerda dos usuários enquanto olhavam o primeiro cálculo está relacionada com a resposta que foi selecionada pelos mesmo. Uma vez que os que estavam analisando com mais afinco a conta 7×6 e realizando o cálculo mental, espera-se que a pupila dilate-se um pouco mais por estar realizando um maior esforço cognitivo do que as dos participantes que não realizaram o cálculo como esperado e não estavam observando o cálculo como seria esperado. Porém observa-se que as médias das pupilas dos que

responderam <43, que é a resposta correta, e <40 foram muito semelhantes, mostrando que os participantes podem ter encontrado dificuldade na interpretação dos sinais de < e >, além de a maior média da pupila esquerda foi encontrada nos usuários que responderam >42. Nesta etapa do experimento, os usuários estavam analisando apenas o cálculo em si, sem ter acesso as respostas ainda, porém ao comparar as respostas com a observação do cálculo, pode-se ver como o esforço cognitivo que é revelado a partir dos dados pupilométricos auxiliam no entendimento de como ao analisar os dados disponíveis afetam a decisão que é tomada pelos participantes.

Tabela 3 - Média da pupila esquerda no primeiro cálculo

Resposta	Média da pupila esquerda	Média da pupila esquerda normalizada
<43	3,406	1,003
<40	3,409	1,004
=48	3,245	0,956
>42	3,636	1,071
> 45	3,275	0,964

Fonte: A Autora, 2020.

Ao observar a média da pupila esquerda dos usuários na análise do primeiro cálculo, observa-se que não há uma variação grande entre os resultados. Mostrando que mesmo os participantes que realizaram o cálculo corretamente, e responderam <43 o qual encontra-se em destaque na tabela em verde, tiveram um esforço cognitivo parecido com o dos usuários que marcaram a opção <40, e os que selecionaram >42 teve um esforço cognitivo ainda maior de acordo com a dilatação da pupila. Porém os usuários que selecionaram =48 e >45 tiveram uma baixa dilatação da pupila, demonstrando que possivelmente não estavam prestando atenção a tarefa que estava sendo realizada.

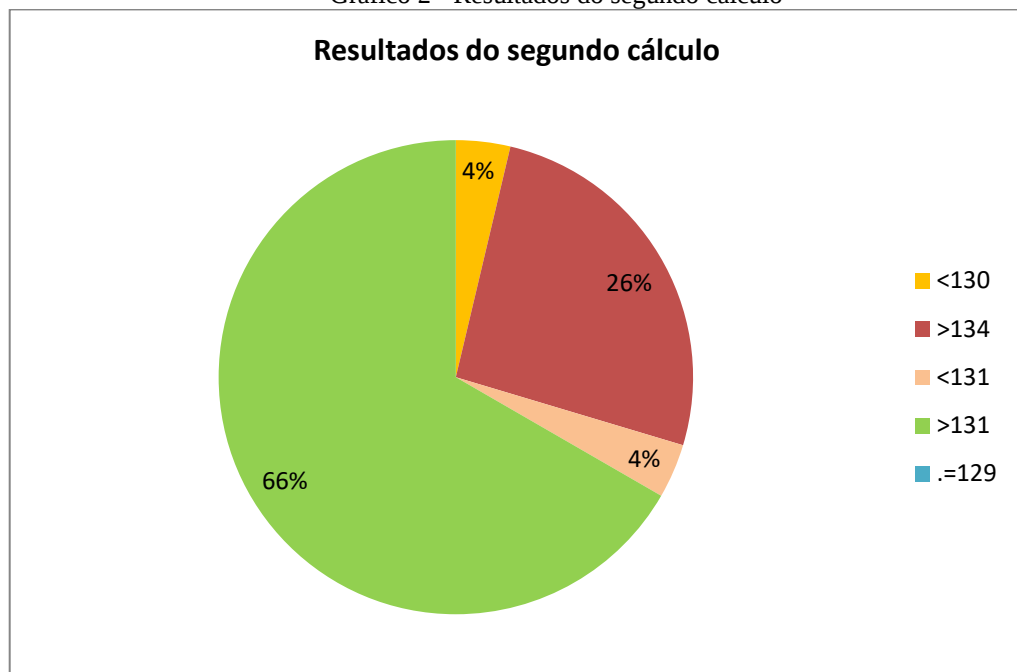
Tabela 4 - Média da pupila esquerda na análise do primeiro cálculo

Resposta	Média da pupila esquerda	Média da pupila esquerda normalizada
<43	3,418	1,084
<40	3,144	0,997
=48	2,923	0,927
>42	3,484	1,105
> 45	2,783	0,883

Fonte: A Autora, 2020.

O segundo cálculo apresentado no experimento é considerado de baixa dificuldade assim como o primeiro cálculo, uma vez que ele apresenta apenas operações matemáticas simples: $42+94-2$, cujo resultado é 132. As quatro opções de resultados disponíveis para os participantes selecionarem foram: <130; >134; <131; >131; =129. Cujo resultado correto é >131. Observa-se que houve uma taxa de acerto de 66%. Nenhum dos participantes escolheu a resposta =129.

Gráfico 2 - Resultados do segundo cálculo



Fonte: A Autora, 2020.

A média da pupila esquerda na tela que apresentou o cálculo mostra que houve um esforço cognitivo elevado dos usuários que selecionaram as respostas >134 e >131 no momento que estavam analisando o cálculo $42 + 94 - 2$, porém os que escolheram >134

tiveram uma dilatação da pupila maior do que os que optaram pela resposta correta. Logo, mesmo não acertando o resultado, os participantes analisaram o cálculo buscando escolher a opção correta, realizando esforço cognitivo significativo. As duas respostas que apresentaram uma dilatação menos significativa da pupila foram <130 e <131, ambos com a média da pupila esquerda 3,286 e 3,368 respectivamente, com um esforço mental menor do que as pessoas que selecionaram os outros resultados apresentados no experimento. Logo, os participantes não estavam prestando atenção no cálculo que foi mostrado na tela do computador no momento da realização dos testes.

Tabela 5 - Média da pupila esquerda no segundo cálculo

Resposta	Média da pupila esquerda	Média da pupila esquerda normalizada
< 130	3,286	0,938
> 131	3,580	1,021
> 134	3,778	1,078
<131	3,368	0,961

Fonte: A Autora, 2020.

Nos dados da média da pupila esquerda na análise do segundo cálculo, onde foi apresentada a tela com as opções de respostas, observa-se que os usuários que selecionaram a resposta correta do cálculo tiveram um esforço cognitivo mais elevado que os que optaram pelas outras respostas. Uma vez que a pupila desses usuários encontrava-se mais dilatada no momento em que apareceu as opção de resultados no monitor.

Tabela 6 - Média da pupila esquerda na análise do segundo cálculo

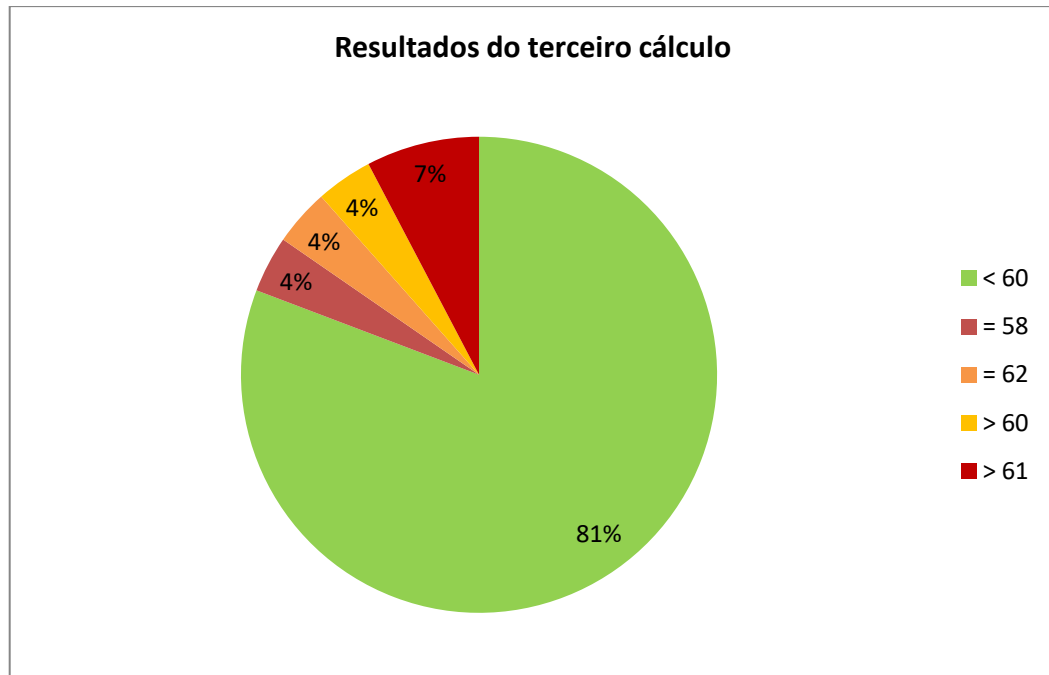
Resposta	Média da pupila esquerda	Média da pupila esquerda normalizada
< 130	3,040	0,939
> 131	3,476	1,074
> 134	3,258	1,007
<131	3,167	0,978

Fonte: A Autora, 2020.

O terceiro cálculo foi o que obteve o maior índice de acertos entre as quatro operações aritméticas apresentadas no experimento, sendo este número 81%. Este cálculo foi o primeiro apresentado com um índice maior de dificuldade devido a ter três partes: $(7 \times 4) + (24/12) +$

19, cujo resultado entre as opções oferecidas é <60, pois a resposta exata é 59.

Gráfico 3 - Resultados do terceiro cálculo



Fonte: A Autora, 2020.

Por ser mais complicado a sua resolução em relação aos cálculos anteriores, os usuários realizaram um esforço cognitivo maior desde o momento que visualizaram o cálculo. Isto é demonstrado pelo valor da média da pupila esquerda dos participantes, que independentemente da opção selecionada, tiveram a pupila mais dilatada neste cálculo em comparação com o primeiro e o segundo que foram apresentados anteriormente. Porém na visualização da tela que continha a operação aritmética os usuário que selecionaram a resposta correta não tiveram uma dilatação da pupila mais significativa do que os não responderam corretamente. Mostrando que o esforço cognitivo das pessoas que erraram não foi menor do que os acertaram.

Tabela 7- Média da pupila esquerda do terceiro cálculo

Resposta	Média da pupila esquerda	Média da pupila esquerda normalizada
< 60	3,502	0,913
= 58	3,740	0,975
= 62	4,136	1,078
> 60	4,390	1,144
> 61	3,408	0,888

Fonte: A Autora, 2020.

Na tela de análise das opções de resposta o padrão observado no cálculo se repetiu: mesmo não escolhendo a resposta correta, houve uma dilatação significativa dos usuários. O nível de dificuldade mais elevado do cálculo exigiu mais atenção dos participantes, o que foi refletido nos sinais psicofisiológicos com as médias da pupila esquerda na análise do terceiro cálculo.

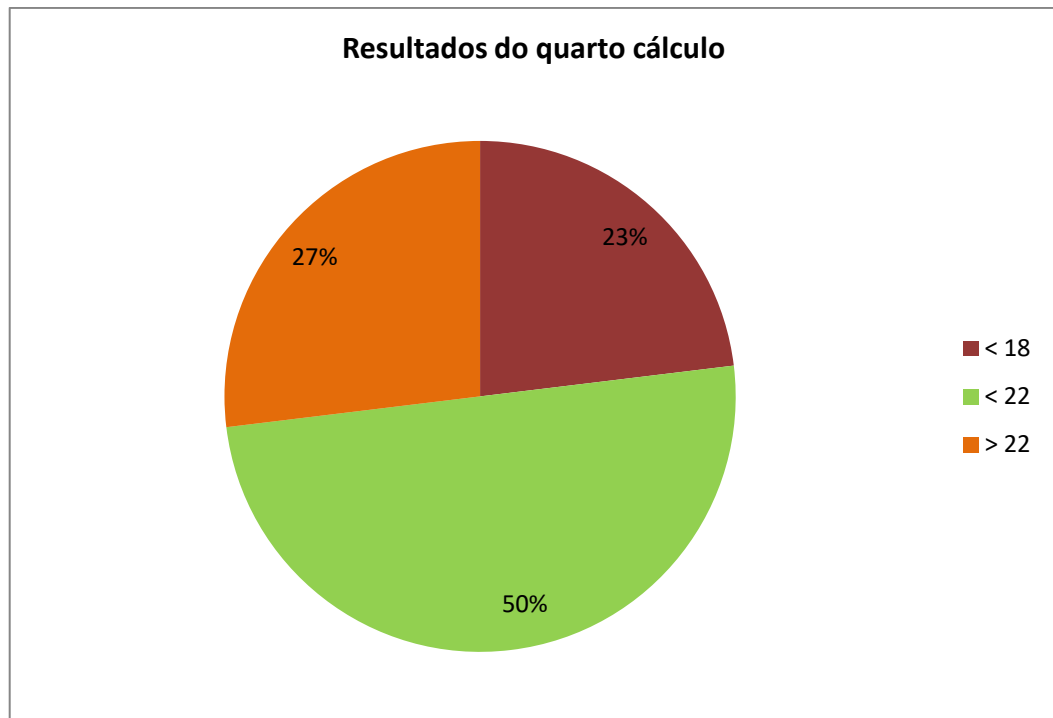
Tabela 8 - Média da pupila esquerda na análise do terceiro cálculo

Resposta	Média da pupila esquerda	Média da pupila esquerda normalizada
< 60	3,164	0,905
= 58	3,784	1,083
= 62	3,555	1,017
> 61	3,068	0,878
> 60	3,896	1,115

Fonte: A Autora, 2020.

O último cálculo possuía o maior nível de dificuldade entre os quatro que foram apresentados nesta dissertação: $30 - 15 + (3/2) \times (5 - 1)$, com o resultado 21 e na tela das opções, a correta é < 22. Ele obteve o menor índice de acerto, com apenas 50% dos usuários escolhendo o resultado correto, porém 27% selecionou a opção > 22, e nenhum escolheu =20 e =19. Nos cálculos anteriores foi observado o mesmo comportamento dos usuários: a presença do sinal de igualdade facilitava em eliminar essa opção no momento da tomada de decisão, porém os sinais de desigualdade apresentou uma dificuldade a mais para os usuários que consideram todas as opções que tinham < ou > antes de realizar uma escolha.

Gráfico 4 - Resultados do quarto cálculo



Fonte: A Autora, 2020.

O quarto cálculo apresentou uma peculiaridade: a média da pupila esquerda dos usuários que selecionaram a resposta correta foi menor do que a dos que escolheram uma opção errônea. O valor da pupila demonstra o esforço cognitivo que o participante estava realizando enquanto observava o cálculo $30 - 15 + (3/2) \times (5 - 1)$, logo, os participantes independentemente do resultado selecionado tiveram um esforço cognitivo razoável.

Tabela 9 - Média da pupila esquerda do quarto cálculo

Resposta	Média da pupila esquerda	Média da pupila esquerda normalizada
< 18	3,662	1,033
< 22	3,412	0,963
> 22	3,553	1,003

Fonte: A Autora, 2020.

Já ao analisar as opções de respostas, apenas três das cinco escolhas que os usuários podiam realizar foram selecionadas, não havendo uma dilatação significativa da pupila entre os usuários que selecionaram a resposta correta.

Tabela 10 - Média da pupila esquerda na análise do quarto cálculo

Resposta	Média da pupila esquerda	Média da pupila esquerda normalizada
< 18	3,821	1,135
< 22	3,016	0,896
> 22	3,255	0,967

Fonte: A Autora, 2020.

A etapa musical do experimento foca em quatro estilos musicais diferentes representados pelas músicas: Show das Poderosas da Anitta (música um), Tempo Perdido de Legião Urbana (música dois), Velha Infância dos Tribalistas (música três) e Como é Grande Meu Amor por Você do Roberto Carlos (música quatro). O resultado obtido a partir da análise pupilométrica dos dados mostra que a dilatação da pupila esquerda dos usuários é menor nas músicas um e quatro, que foram as músicas mais menos selecionadas como preferidas dos usuários, portanto, houve uma dilatação maior da pupila nas músicas que os participantes preferiram.

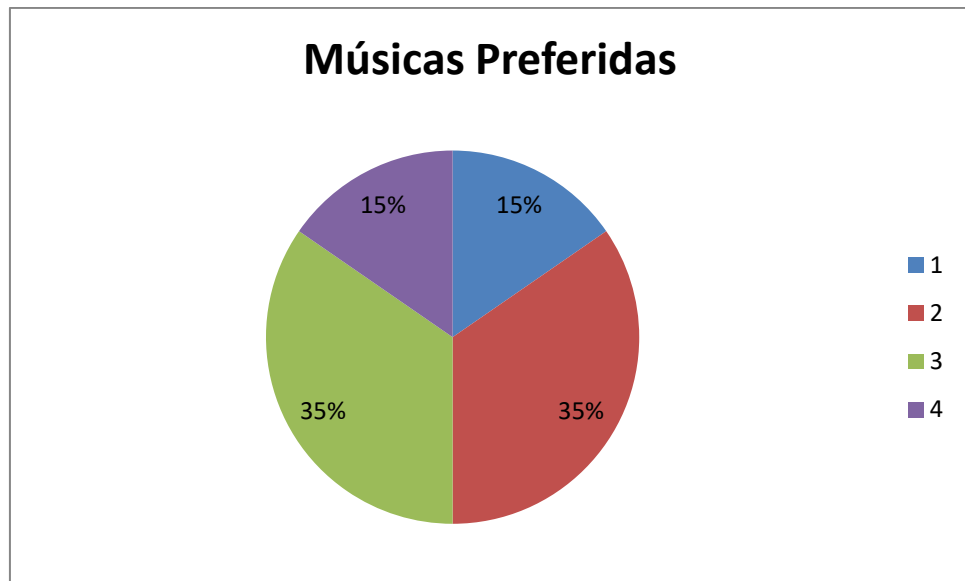
Tabela 11 - Média da pupila esquerda na análise do quarto cálculo

Música	Média da pupila esquerda	Média da pupila esquerda normalizada
1	3,83006746	0,991699408
2	3,887800342	1,016425274
3	3,789785769	1,03013751
4	3,786105708	0,858375505

Fonte: A Autora, 2020.

O gráfico 5 mostra a porcentagem dos participantes que preferiram cada música: as músicas dois e três foram escolhidas como as preferidas da maioria das pessoas, com 35% escolhendo cada uma delas. Já as músicas um e quatro foram as menos selecionadas pelos participantes, ambas com 15% dos usuários as preferindo.

Gráfico 5- Resultados das músicas preferidas



Fonte: A Autora, 2020.

A análise estatística dos dados é realizada a partir do teste t para amostras independentes, com o intuito de verificar se a amostra analisada de cada cálculo e suas análises diferem em relação à variação média da pupila esquerda para os dados dos outros cálculos e suas análises. Considera-se que a hipótese nula é que as médias das pupilas são iguais e a hipótese alternativa é que as amostras possuem médias de pupila diferentes. Utiliza-se o teste de Levene para realizar a averiguação da homogeneidade das variâncias. A partir dos resultados obtidos utilizando o software IBM SPSS, conclui-se que os dois grupos possuem variâncias diferentes, uma vez que a significância associada ao teste possui valor menor que 0,05. Como não foi assumido homogeneidade das variâncias, utilizou-se os valores do teste t de variâncias iguais não assumidas.

Realizou-se uma comparação entre as médias da pupila esquerda dos participantes do experimento em cada cálculo, análise do cálculo e música. Em todas as análises pode-se observar um comportamento constante nas amostras, pois os testes mostraram diferenças estatisticamente significativas nas médias para um intervalo de 95% de confiança, pois a significância associada ao teste t foi menor que 0,05 em todos os casos: tanto nos cálculo um, dois, três e quatro, como nas análises dos cálculos um, dois, três e quatro e nas músicas um, dois, três e quatro.

Tabela 12- Teste T para amostras independentes nos cálculo um, dois, três e quatro.

Cálculo 1

Teste de amostras independentes										
		Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
		Z	Sig.	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
									Inferior	Superior
N MeanLeft	Variâncias iguais assumidas	,590	,442	-4,757	11014	,000	-,007592711	,0015961507	-,010721453	-,004463969
	Variâncias iguais não assumidas			-4,730	9975,639	,000	-,007592711	,0016051493	-,010739128	-,004446295

Cálculo 2

Teste de amostras independentes										
		Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
		Z	Sig.	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
									Inferior	Superior
N MeanLeft	Variâncias iguais assumidas	14,361	,000	-20,257	14619	,000	-,028977270	,0014305048	-,031781240	-,026173300
	Variâncias iguais não assumidas			-21,086	8396,815	,000	-,028977270	,0013742102	-,031671061	-,026283479

Cálculo 3

Teste de amostras independentes										
		Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
		Z	Sig.	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
									Inferior	Superior
N MeanLeft	Variâncias iguais assumidas	89,287	,000	36,028	18449	,000	,0513844882	,0014262381	,0485889295	,0541800470
	Variâncias iguais não assumidas			34,168	4523,759	,000	,0513844882	,0015038767	,0484361553	,0543328212

Cálculo 4

Teste de amostras independentes										
		Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
		Z	Sig.	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
									Inferior	Superior
N MeanLeft	Variâncias iguais assumidas	330,490	,000	-16,634	21952	,000	-,013561280	,0008152868	-,015159301	-,011963259
	Variâncias iguais não assumidas			-16,313	19039,812	,000	-,013561280	,0008313360	-,015190772	-,011931788

Fonte: A Autora, 2020.

A tabela 11 mostra o teste t das análises dos cálculos um, dois, três e quatro, revelando que nas há diferenças estatisticamente significativas médias das pupilas para um intervalo de 95% de confiança, uma vez que a significância associada ao teste t foi menor que 0,05.

Tabela 13- Teste T para amostras independentes nas análises dos cálculos um, dois, três, quatro.

Análise cálculo 1

Teste de amostras independentes										
		Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
		Z	Sig.	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
									Inferior	Superior
N MeanLeft	Variâncias iguais assumidas	,678	,410	-11,400	12123	,000	-,017175388	,0015065624	-,020128490	-,014222285
	Variâncias iguais não assumidas			-11,381	10609,137	,000	-,017175388	,0015091298	-,020133565	-,014217210

Análise cálculo 2

Teste de amostras independentes										
		Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
		Z	Sig.	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
									Inferior	Superior
N MeanLeft	Variâncias iguais assumidas	43,645	,000	-42,611	13788	,000	-,057405675	,0013472188	-,060046407	-,054764942
	Variâncias iguais não assumidas			-42,165	7865,556	,000	-,057405675	,0013614530	-,060074484	-,054736865

Análise cálculo 3

Teste de amostras independentes										
		Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
		Z	Sig.	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
									Inferior	Superior
N MeanLeft	Variâncias iguais assumidas	34779,726	,000	-69,592	17919	,000	-,888731313	,0127706167	-,913762952	-,863699673
	Variâncias iguais não assumidas			-31,430	3016,231	,000	-,888731313	,0282761869	-,944173869	-,833288757

Análise cálculo 4

Teste de amostras independentes										
		Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
		Z	Sig.	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
									Inferior	Superior
N MeanLeft	Variâncias iguais assumidas	660,656	,000	12,718	20434	,000	,0160642954	,0012631053	,0135885078	,0185400830
	Variâncias iguais não assumidas			12,414	16845,597	,000	,0160642954	,0012940515	,0135278188	,0186007720

Fonte: A Autora, 2020.

O teste t realizado nos resultados das músicas um, dois, três e quatro mostra que há diferenças estatisticamente significativas nas médias das pupilas para um intervalo de 95% de confiança, uma vez que a significância associada ao teste t foi menor que 0,05.

Tabela 14 - Teste T para amostras independentes no cálculo 2

Música 1

Teste de amostras independentes									
		Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias					
		Z	Sig.	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença Inferior Superior
N MeanLeft	Variâncias iguais assumidas	4,990	,026	8,972	29066	,000	,0217366900	,0024225913	,0169883021 ,0264850778
	Variâncias iguais não assumidas			9,067	7230,106	,000	,0217366900	,0023974055	,0170370748 ,0264363051

Música 2

Teste de amostras independentes									
		Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias					
		Z	Sig.	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença Inferior Superior
N MeanLeft	Variâncias iguais assumidas	166,326	,000	2,951	38298	,003	,0028851754	,0009778324	,0009685990 ,0048017517
	Variâncias iguais não assumidas			3,191	25448,603	,001	,0028851754	,0009040669	,0011131531 ,0046571977

Música 3

Teste de amostras independentes									
		Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias					
		Z	Sig.	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença Inferior Superior
N MeanLeft	Variâncias iguais assumidas	14,908	,000	100,310	42110	,000	,1289079552	,0012850947	,1263891444 ,1314267661
	Variâncias iguais não assumidas			104,693	39743,074	,000	,1289079552	,0012312964	,1264945859 ,1313213245

Música 4

Teste de amostras independentes									
		Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias					
		Z	Sig.	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença Inferior Superior
N MeanLeft	Variâncias iguais assumidas	305,655	,000	30,672	54455	,000	,0564128282	,0018392311	,0528079226 ,0600177338
	Variâncias iguais não assumidas			38,834	12817,314	,000	,0564128282	,0014526606	,0535653969 ,0592602596

Fonte: A Autora, 2020.

4.2 Análise com o Eletroencefalograma

Realizou-se a análise dos dados obtidos a partir do eletroencefalograma focando nas bandas alfa e teta, uma vez que a frequência alfa está relacionada com a inibição cerebral, relacionada com baixos níveis de atividade dos neurônios. Já a elevação da atividade da banda teta é associada ao cansaço, níveis baixos de esforço cognitivo e a um baixo envolvimento.

Os canais frontais AF3, AF4, F3, F4, F7, F8, FC5 e FC6 foram selecionados para

analisar as bandas teta e alfa. Uma vez que esses canais captam as informações da região frontal que está relacionada com o esforço cognitivo. Executou-se os teste t-pareado para realizar a comparação dos canais frontais do hemisfério esquerdo cerebral, sendo eles AF3, F3, F7 e FC5 com os do hemisfério direito AF4, F4, F8 e FC6 para as análise dos cálculos e das músicas.

A tabela abaixo representa o teste t pareado realizado nos canais AF3 e AF4 na banda alfa para os dados dos participantes que acertaram os cálculos um, dois, três e quatro.

Tabela 15 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para AF3 e AF4 na banda alfa nos participantes que acertaram

Teste de amostras emparelhadas									
		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio Padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de Confiança da Diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	Cálculo 1 Af3 - Af4	,8079	6,556	1,5009	-2,308	4,	,530	16	,690
Par 2	Cálculo 2 Af3 - Af4	-,3078	8,0001	1,9066	-4,290	3,999	-,189	16	,890
Par 3	Cálculo 3 Af3 - Af4	,8569	6,0290	1,5109	-2,490	4,390	,510	16	,619
Par 4	Cálculo 4 Af3 - Af4	,2590	8,1730	2,209	-4,006	4,908	,129	15	,880

Fonte: A Autora, 2020.

A tabela 15 representa os valores do teste t pareado nos dados dos participantes que erraram o resultado do cálculo um para os canais AF3 e AF4 na banda alfa. O resultado encontrado mostra que não se tem diferenças significativas entre os canais analisados.

Tabela 16 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para AF3 e AF4 na banda alfa - participantes que erraram

Teste de amostras emparelhadas									
		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio Padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de Confiança da Diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	Af3 Calculo1 - Af4	,3490	7,790	1,590	-2,496	3,295	,290	29	,890
Par 2	Af3 Calculo2 - Af4	-,7190	6,276	1,290	-3,1723	1,964	-,601	29	,523
Par 3	Af3 Calculo3 - Af4	-,820	6,290	1,150	-3,4322	1,379	-,739	28	,412
Par 4	Af3 Calculo4 - Af4	,930	5,0690	,960	-1,3424	2,936	,920	28	,329

Fonte: A Autora, 2020.

Ao analisar os canais F3 e F4, é possível observar na amostra com acerto do cálculo 4 que este obteve no teste t pareado uma diferença significativa entre os canais na banda alfa.

Tabela 17 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para F3 e F4 na banda alfa - participantes que acertaram

Teste de amostras emparelhadas									
		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio Padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de Confiança da Diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	F3 cálculo 1 - F4	2,567	4,589	1,198	-0,1908	4,9867	1,950	16	,068
Par 2	F3 cálculo2 - F4	1,289	7,013	1,980	-2,8765	4,9096	,760	16	,490
Par 3	F3 cálculo3 - F4	0,990	6,950	1,656	-2,0954	4,390	,589	16	,540
Par 4	F3 cálculo4 - F4	3,876	6,945	1,730	0,1189	7,2890	2,099	15	,045

Fonte: A Autora, 2020.

A realização da análise dos dados dos canais F3 e F4 provenientes das amostras que obtiveram as respostas erradas mostram diferenças significativas dos cálculos um e quatro.

Tabela 18 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para AF3 e AF4 na banda alfa - participantes que erraram

Teste de amostras emparelhadas									
		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio Padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de Confiança da Diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	F3 Cálculo1 - F4	3,9283	5,9032	1,1902	1,8292	5,8660	3,908	29	,002
Par 2	F3 Cálculo2 - F4	2,3483	8,2890	1,6893	-0,8932	5,679	1,489	29	,290
Par 3	F3 Cálculo3 - F4	1,9370	5,7843	1,1923	-0,1690	4,189	1,980	28	,069
Par 4	F3 Cálculo4 - F4	2,9032	7,5904	1,4829	0,0790	5,790	2,190	28	,045

Fonte: A Autora, 2020.

Não houve diferença significativa para nenhum dos canais de todos os cálculos que foram acertados para os canais F7e F8 na banda alfa, mostrado na tabela 18.

Tabela 19 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para F7 e F8 na banda alfa - participantes que acertaram

Teste de amostras emparelhadas									
		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidade s)
		Média	Desvio Padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de Confiança da Diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	F7 cálculo - F8	1,6833	7,9339	1,9484	-2,4899	5,6788	,889	16	,439
Par 2	F7 cálculo 2 - F8	-3,1902	6,6904	1,6894	-6,6890	0,3567	-1,899	16	,079
Par 3	F7 cálculo 3 - F8	-0,4902	7,8903	1,9998	-4,6789	3,7875	-,342	16	,889
Par 4	F7 cálculo 4 - F8	-0,2903	7,9043	1,9869	-4,3897	3,7896	-,178	15	,879

Fonte: A Autora, 2020.

O teste t pareado para os canais F7 e F8 na banda alfa para os dados cujas respostas foram incorretas mostra que não há diferença significativa entre os canais nas análises de todos os cálculos.

Tabela 20 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para F7 e F8 na banda alfa - participantes que erraram

Teste de amostras emparelhadas									
		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio Padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de Confiança da Diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	F7 cálculo 1 - F8	-2,2892	7,3892	1,7832	-4,9723	0,5567	-1,686	29	,114
Par 2	F7 cálculo 2 - F8	-1,1892	7,7832	1,7473	-3,9278	1,8656	-,734	29	,478
Par 3	F7 cálculo 3 - F8	-1,6782	6,7829	1,3822	-4,1892	0,9346	-1,156	28	,287
Par 4	F7 cálculo 4 - F8	-0,0678	7,5632	1,4732	-2,9023	2,7789	-,044	28	,989

Fonte: A Autora, 2020.

O último par de canais analisados foi o FC5 e FC6 na banda alfa. Os resultados obtidos na tabela 20 revela que não houve diferença significativa dos canais em nenhum dos quatro cálculos nos participantes que acertaram os resultados.

Tabela 21 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para FC5 e FC6 na banda alfa - participantes que acertaram

Teste de amostras emparelhadas									
		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio Padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de Confiança da Diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	FC5 cálculo 1 - FC6	-,8437	4,4393	1,0329	-3,1328	1,4798	-,780	16	,460
Par 2	FC5 cálculo 2 - FC6	,2433	4,0432	1,1503	-2,1328	2,6329	,230	16	,829
Par 3	FC5 cálculo 3 - FC6	-,8128	4,3902	1,0290	-2,9899	1,3192	-,829	16	,431
Par 4	FC5 cálculo 4 - FC6	-,9382	5,6904	1,4903	-3,9190	2,1902	-,680	15	,510

Fonte: A Autora, 2020.

O teste t pareado realizado para os canais FC5 e FC6 na banda alfa para os dados cujas respostas foram incorretas mostra que não há diferença significativa.

Tabela 22 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para FC5 e FC6 na banda alfa - participantes que erraram

Teste de amostras emparelhadas									
		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio Padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de Confiança da Diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	FC5 cálculo 1 - FC6	-,9032	4,5893	1,100	-3,2901	1,5903	-,801	16	,451
Par 2	FC5 cálculo 2 - FC6	,2903	4,793	1,2893	-2,2902	2,7904	,230	16	,822
Par 3	FC5 cálculo 3 - FC6	-,8490	4,2011	1,1930	-2,9911	1,4903	-,820	16	,417
Par 4	FC5 cálculo 4 - FC6	-,9590	5,6099	1,4893	-3,9290	2,1022	-,681	15	,507

Fonte: A Autora, 2020.

A tabela 22 mostra que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os canais na análise das músicas, onde os participantes selecionaram qual a música preferida deles entre as quatro opções disponíveis no experimento.

Tabela 23 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para FC5 e FC6 na banda alfa - análise das músicas

Teste de amostras emparelhadas									
		Diferenças emparelhadas					T	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio Padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de Confiança da Diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	FC5 música 1 - FC6	-,9832	4,5893	1,191	-3,329	1,329	-,829	16	,462
Par 2	FC5 música 2 - FC6	,2893	4,3292	1,301	-2,223	2,704	,239	16	,819
Par 3	FC5 música 3 - FC6	-,8490	4,3209	1,201	-2,232	1,903	-,819	16	,420
Par 4	FC5 música 4 - FC6	-,9639	5,4032	1,489	-3,329	2,022	-,691	15	,510

Fonte: A Autora, 2020.

Os mesmo canais analisados na banda alfa foram analisados na banda teta: AF3, AF4, F3, F4, F7, F8, FC5 e FC6. Verificou-se a diferença a partir do teste t pareado entre os canais frontais do hemisfério cerebral esquerdo do cérebro, AF3, F3, F7 e FC5 com os do hemisfério direito AF4, F4, F8 e FC6 nas análises dos cálculos um, dois, três e quatro e das músicas um, dois, três, quatro. Os primeiros canais analisados são o AF3 e AF4, onde é possível observar na tabela 23 que os resultados não possuem diferenças estatisticamente significativas entre eles.

Tabela 24 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para AF3 e AF4 na banda teta- participantes que acertaram

Teste de amostras emparelhadas									
		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio Padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de Confiança da Diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	AF3 cálculo1 - Af4	,8192	6,9218	1,7190	-2,9032	4,48932	,451	16	,670
Par 2	AF3 cálculo2 - Af4	2,3109	5,9319	1,4823	-,93023	5,32902	1,501	16	,143
Par 3	AF3 cálculo3 - Af4	,7892	6,61572	1,0932	- 2,75691	4,19213	,410	16	,701
Par 4	AF3 cálculo4 - Af4	,1311	9,1922	2,26680	-4,7192	4,9532	,056	15	,960

Fonte: A Autora, 2020.

O mesmo é observado na tabela 24, onde os dados dos participantes que erraram nos cálculos não mostraram diferenças estatisticamente significativas.

Tabela 25 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para AF3 e AF4 na banda teta- participantes que erraram

Teste de amostras emparelhadas									
		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio Padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de Confiança da Diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	Af3 cálculo1 - Af4	,360	7,799	1,393	-2,498	3,250	,289	29	,892
Par 2	Af3 cálculo2 - Af4	-,710	6,299	1,149	-3,059	1,621	-,792	29	,540
Par 3	Af3 cálculo3 - Af4	-,849	6,489	1,210	-3,299	1,712	-,699	28	,484
Par 4	Af3 cálculo4 - Af4	,921	5,099	,951	-1,040	2,901	,980	28	,351

Fonte: A Autora, 2020.

O teste t pareado dos canais F3 e F4 apresentado na tabela 25 não mostraram diferenças estatisticamente significativas para os dados dos participantes que acertaram os resultados dos cálculos.

Tabela 26 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para F3 e F4 na banda teta- participantes que acertaram

Teste de amostras emparelhadas									
		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio Padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de Confiança da Diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	F3 cálculo 1 - F4	2,6900	5,2109	1,3122	-0,1809	5,2339	1,998	16	,065
Par 2	F3 cálculo 2 - F4	1,1201	7,2178	1,8901	-2,7843	4,8892	,620	16	,555
Par 3	F3 cálculo 3 - F4	0,9319	7,2190	1,7238	-2,6792	4,5666	,566	16	,586
Par 4	F3 cálculo 4 - F4	3,6190	7,2192	1,8904	-0,3902	7,4339	1,996	15	,070

Fonte: A Autora, 2020.

Os resultados da tabela 26 nos cálculos um e quatro mostra que há diferenças estatisticamente significativas nos canais analisados.

Tabela 27 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para F3 e F4 na banda teta- participantes que erraram

Teste de amostras emparelhadas									
		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio Padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de Confiança da Diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	F3 cálculo 1 - F4	4,2983	5,9102	1,0649	1,9899	6,2901	3,895	29	,001
Par 2	F3 cálculo 2 - F4	2,0001	7,7892	1,4011	-0,9013	4,9827	1,398	29	,169
Par 3	F3 cálculo 3 - F4	1,8893	5,8909	1,1001	-0,3192	3,9998	1,701	28	,111
Par 4	F3 cálculo 4 - F4	3,2010	6,9919	1,3894	0,5011	5,8238	2,398	28	,022

Fonte: A Autora, 2020.

É possível analisar nos canais F7 e F8, que não há diferenças estatisticamente significativas em nenhum dos cálculos da amostra das pessoas que responderam corretamente.

Tabela 28 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para F7 e F8 na banda teta- participantes que acertaram

Teste de amostras emparelhadas									
		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio Padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de Confiança da Diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	F7 cálculo 1 - F8	1,5778	7,5989	1,9831	-2,4092	5,5283	,828	16	,419
Par 2	F7 cálculo 2 - F8	-3,1009	6,6854	1,6672	-6,5639	0,3018	-1,939	16	,068
Par 3	F7 cálculo 3 - F8	-0,3998	7,9365	1,9378	-4,5098	3,5178	-,219	16	,828
Par 4	F7 cálculo 4 - F8	-0,3211	7,3987	1,9012	-4,3921	3,6612	-,159	15	,870

Fonte: A Autora, 2020.

O teste t pareado realizado na amostra dos dados incorretos resulta na não existência

de diferenças estatísticas significativas entre os canais analisados.

Tabela 29 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para F7 e F8 na banda teta- participantes que erraram

Teste de amostras emparelhadas									
		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio Padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de Confiança da Diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	F7 cálculo 1 - F8	-2,1593	7,2298	1,3288	-4,8409	0,5501	-1,639	29	,115
Par 2	F7 cálculo 2 - F8	-1,0153	7,5528	1,3891	-3,8483	1,8119	-,741	29	,470
Par 3	F7 cálculo 3 - F8	-1,5572	6,6128	1,2390	-4,1923	0,9650	-1,265	28	,219
Par 4	F7 cálculo 4 - F8	-0,0709	7,3792	1,3729	-2,8983	2,7492	-,049	28	,965

Fonte: A Autora, 2020. . (2020)

Nenhum dos valores das análises dos canais FC5 e FC6 para a amostra de dados dos participantes que acertaram os resultados tiveram diferenças estatisticamente significativas.

Tabela 30 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para FC5 e FC6 na banda teta- participantes que acertaram

Teste de amostras emparelhadas									
		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio Padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de Confiança da Diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	FC5 etapa 1 - FC6 etapa 1	-,6148	4,5189	1,1062	-2,9329	1,7005	-,571	16	,586
Par 2	FC5 etapa 2 - FC6 etapa 2	,0980	4,7823	1,1623	-2,3638	2,5648	,085	16	,941
Par 3	FC5 etapa 3 - FC6 etapa 3	-,8953	4,3587	1,0629	-3,1483	1,3439	-,851	16	,410
Par 4	FC5 etapa 4 - FC6 etapa 4	-,8539	5,4419	1,3603	-3,8373	2,0492	-,629	15	,545

Fonte: A Autora, 2020.

O mesmo comportamento dos dados observados na amostra de dados dos participantes que acertaram é observado nos que erraram, ou seja, não há diferenças estatisticamente significativas entre os canais.

Tabela 31 - Teste T pareado para amostras dependentes na análise dos cálculos para FC5 e FC6 na banda teta- participantes que erraram

Teste de amostras emparelhadas									
		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio Padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de Confiança da Diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	FC5 cálculo 1 - FC6	,7918	4,4423	,8100	-,8728	2,4392	,967	29	,340
Par 2	FC5 cálculo 2 - FC6	,4628	4,3618	,7969	-1,2021	2,0920	,573	29	,573
Par 3	FC5 cálculo 3 - FC6	- 1,0428	4,7293	,8791	-2,8219	,7493	- 1,200	28	,245
Par 4	FC5 cálculo 4 - FC6	-,3001	4,1982	,7428	-1,8528	1,2382	-,401	28	,693

Fonte: A Autora, 2020.

Na tabela 30 observa-se que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os canais na análise das músicas, etapa na qual os participantes escolheram qual música era a sua preferida entre as que foram utilizadas no experimento.

Tabela 32- Teste T pareado para os canais FC5 e FC6 na banda teta - análise das músicas

Teste de amostras emparelhadas									
		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio Padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de Confiança da Diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	FC5 cálculo 1 - FC6	,7801	4,4584	,8187	-,8699	2,4486	,978	29	,345
Par 2	FC5 cálculo 2 - FC6	,4733	4,3739	,7893	-1,2192	2,0849	,586	29	,587
Par 3	FC5 cálculo 3 - FC6	- 1,0382	4,7392	,8827	-2,8385	,7587	- 1,219	28	,259
Par 4	FC5 cálculo 4 - FC6	-,3291	4,2844	,7659	-1,8673	1,2483	-,450	28	,699

Fonte: A Autora, 2020.

4.3 Comparação do método de elicitação Tradeoff com as músicas e os cálculos

No início dessa pesquisa, esperava-se que houvesse uma relação entre as etapas do método de elicitação Tradeoff com o nível de dificuldade dos cálculos e com a preferência musical do participante (ANDRADE, MORAIS, 2019 e ANDRADE et al, 2019). Segundo Silva e de Almeida (2019) ao utilizar as ferramentas de neurociência no estudo do método Tradeoff, observa-se que quando um problema possui mais de cinco critérios há um número maior de inconsistência. Em contrapartida, os participantes ao resolver os problemas que possuem uma quantidade menor de critérios tiveram uma preferência já pré-estabelecida, sem ter um esforço cognitivo alto o que foi refletido nos resultados obtidos a partir das ferramentas de neurociência. Uma das explicações para este comportamento é que para problemas mais simples, os decisores buscam resolver mais rápido, porém muitos mudam de decisão no decorrer do processo decisório, já quando as questões analisadas são mais complexas, desde o início a análise para a resolução do problema é feita de forma mais cautelosa, requerendo um esforço cognitivo mais elevado. Em relação às etapas do Tradeoff, os usuários encontraram uma dificuldade maior nas etapas um (bisseção) e na quatro (obtenção das constantes de escala), consequentemente observa-se a partir das ferramentas de neurociências que o esforço cognitivo necessário para a realização desse estágio é maior.

Uma relação encontrada entre o Tradeoff e os cálculos está relacionada com a análise dos dados do eletroencefalograma. Ao observar os canais F3 e F4 na banda alfa tanto no cálculo quanto no Tradeoff houve diferença estatisticamente significativa na etapa da bisseção do Tradeoff que foi a primeira realizada e a etapa quatro, que é a obtenção de constantes de escala e no cálculo foi observado o mesmo comportamento no primeiro e no quarto cálculo. Uma vez que no início do experimentos os participantes estavam prestando mais a atenção e o último cálculo tinha um nível de dificuldade mais elevado, o que necessitava um maior nível de atenção. Já ao analisar a banda teta, tanto no cálculo como no Tradeoff apenas nos canais FC5 e FC6 nos dados dos participantes que erraram foi encontrado diferenças estatisticamente significativas. Nas músicas todos os resultados não tiveram nenhuma diferença estatisticamente significativa diferente.

4.4 Síntese do capítulo

Existe relação entre o esforço cognitivo necessário para ouvir música e a realização dos cálculos com o método de elicitação Tradeoff. A análise individual dos canais do eletroencefalograma das três etapas do experimento mostrou que no início os participantes

estavam realizando muito esforço cognitivo pois provavelmente estavam em estado de alerta para acertarem ao máximo as questões, logo mesmo que o cálculo não fosse tão difícil, os participantes estavam realizando um alto esforço cognitivo e no quarto cálculo, o qual era o mais complicado de se resolver, também mostrou um nível de atenção grande por parte dos usuários. Esses níveis estavam associados com o da etapa da bisseção e da obtenção da constante de escala do método de elicitación Tradeoff.

5 CONCLUSÕES, INSIGHTS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1 Conclusões

Mesmo com o aumento das pesquisas utilizando ferramentas de neurociência para compreender os processos cognitivos dos indivíduos, ainda são escassos os trabalhos que integram a neurociência com o contexto de tomada de decisão multicritério. Os trabalhos disponíveis na literatura não exploram com profundidade a relação que há entre o esforço cognitivo e os aspectos comportamentais envolvidos nos métodos de decisão multicritério, uma área da pesquisa operacional que trata a subjetividade do decisor, portanto, que há muita possibilidade de pesquisa.

Este trabalho utilizou duas ferramentas de neurociência, o eletroencefalograma conhecido como EEG e o Eye Tracker, para explorar a relação do esforço cognitivo necessário em executar diferentes níveis de dificuldade de cálculos, escutar diferentes ritmos musicais e comparar com o esforço ao realizar o procedimento de elicitação Tradeoff. As informações obtidas a partir dos dados pupilométricos mostram o quanto o participante estava prestando atenção nas questões abordadas no experimento e se o esforço cognitivo realizado era alto ou não, as mesmas informações também foram obtidas a partir dos dados do EEG.

Nos cálculos observou-se que houve uma taxa de acerto maior no terceiro cálculo (81%) do que no primeiro e no segundo (64,86% e 66% respectivamente), sendo que os dois primeiros eram mais fáceis, porém no quarto cálculo, o qual tinha um nível de dificuldade mais elevado teve a menor taxa de acerto, sendo ela apenas 50%. Em todos os cálculos a dilatação da pupila não teve uma variação drástica entre os quatro cálculos e suas análises, mesmo comparando a dilatação dos participantes que erraram versus os que acertaram. Porém ao comparar os dados do EEG pode-se obter uma relação mais clara entre o esforço cognitivo realizado pelos participantes neste experimento com a elicitação Tradeoff: em ambos os canais F3 e F4 na análise da banda alfa e da banda teta tiveram resultados com diferenças estatisticamente significativas, o Tradeoff na etapa um e quatro e nos cálculos no primeiro e no quarto, mostrando que há uma relação entre o início dos cálculos, onde o participante estava prestando mais atenção mesmo sendo um cálculo simples e no quarto cálculo, onde o nível de dificuldade era maior com as etapas da bisseção e da obtenção das constantes de escalas, ambos sendo estágios do Tradeoff considerados mais complicados.

5.2 Insights e recomendações

Este trabalho mostrou como as ferramentas de neurociência podem ser úteis para melhorar os processos de apoio a decisão. Os resultados da pesquisa mostraram que há aspectos que estão inseridos na tomada de decisão, mas que estão fora do controle do decisor, tais como o esforço cognitivo e as reações inconscientes. A realização de duas atividades que primeiramente não são relacionadas com o procedimento de eliciação Tradeoff, como ouvir música e realizar cálculos, mostra que quanto mais difícil a tarefa, mais parecida é a atividade cerebral do decisor quando está nas etapas mais complexas do Tradeoff.

Desse modo, ao compreender a atividade cerebral do decisor em diversas situações, por meio do uso de ferramentas da neurociência, é possível fazer previsões de comportamento a fim de diminuir as inconsistências no processo de eliciação Tradeoff. O esforço cognitivo está relacionado com as inconsistências encontradas, uma vez que quando mais complexo um processo decisório, mais inconsistências são observadas e maior o esforço cognitivo, portanto pode-se utilizar a neurociência como uma ferramenta que ajudará no desenvolvimento de processos decisórios.

Recomenda-se a exploração de ferramentas de neurociência em diferentes áreas e há bastante potencial da sua utilização no estudo da tomada de decisão, pois é possível compreender como fatores inconscientes e conscientes dos decisores afetará o processo decisório.

5.3 Sugestões para trabalhos futuros

Uma das sugestões para trabalhos futuros é analisar os resultados obtidos a partir dos alunos de engenharia de produção e compará-los com os dos estudantes de administração e investigar quais diferenças são obtidas a partir dos problemas elaborados por cada aluno com o problema geral que foi apresentado para os estudantes.

Os estudos sobre utilização de ferramentas de neurociência nos métodos de decisão multicritério são poucos, logo essa área de pesquisa apresenta muitas possibilidades. Como sugestões para futuros trabalhos, pode-se analisar os impactos das preferências dos decisores a partir dos estudos de música e cálculos em outros MCDA como o Flexible and Interactive Trade-Off (FITRADEOFF).

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A.L.O.; MORAIS, D. C. A.T. THE INFLUENCE of music and arithmetic problems solving in the tradeoff elicitation context. In: INSID - INNOVATION FOR SYSTEMS INFORMATION AND DECISION, 1., 2019, Natal. Meeting. Natal: Insid, 2019.
- ANDRADE, A.L.O ; URTIGA, M. M. B. A. ; MORAIS, D. C. . SUPPORTING the negotiation process for watershed committees with Value-focused Thinking Application and neurodecision insights. In: INFORMS, 2019, Seattle. INFORMS Annual Meeting, 2019.
- ANGHINAH, R.; BASILE, L.I.; SCHMIDT, M.T.; SAMESHIMA, K.; GATTAZ, W.F; ARTEFATOS Biológicos no EEG Quantitativo. *Arq Neuropsiquiatria*, v.64, p 264-268, 2006.
- BARGAL, I. <http://www.bargal.co.il/index2.php?id=9&productId=498&lang=HEB><acesso 10 de dezembro de 2019>
- BAULT, N.; WYDOODT, P., CORICELLI, G. DIFFERENT Attentional Patterns for Regret and Disappointment: An Eye-tracking Study. *Journal of Behavioral Decision Making*, 29: 194-205, 2016
- BECHARA, A; DAMASIO, A.R. THE SOMATIC marker hypothesis: A neural theory of economic decision. *Games and economic behavior*, 52(2): 336-372, 2005
- BEHE, B. K.; FERNANDEZ, R. T.; HUDDLESTON, P. T.; Minahan, S.; Getter, K. L.; Sage, L.; Jones, A. M. PRACTICAL Field Use of Eye-tracking Devices for Consumer Research in the Retail Environment. *Technology and Product Reports*, v. 23, n. 4, 2013.
- BELL, L.; VOGT, J.; WILLEMSE, C.; ROUTLEDGE, T.; BUTLER, L. T.; SAKAKI, M. BEYOND Self Report: A Review of Physiological and Neuroscientific Methods to Investigate Consumer Behavior. *Frontiers in Psychology*, v. 9, 2018.
- BLEICHRODT, H; DOCTOR, J; STOLK, E; A NONPARAMETRIC elicitation of the equity-efficiency trade-off in cost-utility analysis. *Journal of Health Economics* 24: 655–678, 2005.
- de ALMEIDA, A.T., PROCESSO de Decisão nas Organizações: Construindo modelos de decisão multicritério. São Paulo. Editora Atlas, 2013.
- de ALMEIDA, A.T.; FERREIRA, R; CAVALCANTE, C. A REVIEW of the use of multicriteria and multi-objective models in maintenance and reliability. *IMA Journal of Management Mathematics*, 26(3): 249-271, 2015.
- CHANDRAKUMAR, D.; FEUERRIEGAL, D.; BODE, S.; GRECH, M.; KEAGE, H.A.D. EVENT-Related Potentials in Relation to Risk-Taking: A Systematic Review. *Frontiers Behaviour Neuroscience*. 12.111, 2018.
- DEBENER, S; KRANCCZIOCH, C., De VOS M. ELECTROENCEPHALOGRAPHY: Current Trends and Future Directions. In: Reuter M., Montag C. (eds) *Neuroeconomics. Studies in Neuroscience, Psychology and Behavioral Economics*. Springer, Berlin, Heidelberg. 2016

DIETRIC, C; DECISION Making: Factors that Influence Decision Making, Heuristics, and Decision Outcomes. *Inquiries Journal: Social Sciences, Arts & Humanities*. Vol 2, no2, 1-3, 2010.

EAGLEMAN, D. THE BRAIN: A story of you. New York: Pantheon Books, 2015.

ETTINGER, U; KLEIN, C. Eye Movements. In: Reuter M., Montag C. (eds) *Neuroeconomics. STUDIES in Neuroscience, Psychology and Behavioral Economics*. Springer, Berlin, Heidelberg. 2016.

Etude des mouvements oculaires. <<https://blricrex.hypotheses.org/oculometrie/tobii>> Acesso em 27/12/2019.

FINGELKURTS, A. A.; FINGELKURTS, A. A.; NEVES, C. F. H. NATURAL world physical, brain operational, and mind phenomenal space-time. *Physics of Life Reviews*, v. 7, n. 2, p. 195–249, 2010.

FISCHER, N. L.; PERES, R.; FIORANI, M. FRONTAL Alpha Asymmetry and Theta Oscillations Associated With Information Sharing Intention. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, v. 12, n. August, p. 1–12, 2018.

GIL, A. C. COMO Elaborar Projetos de Pesquisa. 4^a Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GLIMCHER, P.W; RUSTICHINI, A. NEUROECONOMICS: The Consilience of Brain and Decision. *Science*, 5695:447-452, 2004.

GORN, G.J. THE EFFECTS of music in advertising on choice behavior: a classical conditioning approach. *Journal of marketing*, 46(1),94. 1982.

GOUCHER-LAMBERT, K., MOSS, J., CAGAN, J. INSIDE the Mind: Using Neuroimaging to Understand Moral Product Preference Judgments Involving Sustainability. *Journal of Mechanical Design*, 139(4): 041-103, 2017.

HESSELS, R.S; NIEHORSTER, D.C.; NYSTROM, M; ANDERSSON, R; HOOGE, I.T.C; IS the eye-movement field confused about fixations and saccades? A survey among 125 researchers. *Royal Society Open Science*. 5(8): 180502. 2018.

HEWIG, J; KRETSCHMER, N; TRIPPE, R.H.; HECHT, H, COLES, M.G; HOLROYD, C.B, MILTNER W.H. WHY humans deviate from rational choice. *Psychophysiology* 48(4):507–514. 2011.

HUNT, L. T., DOLAN, R. J., BEHRENS, T. E. HIERARCHICAL competitions subserving multi-attribute choice. *Nature neuroscience*, 17(11): 1613-1622, 2014.

Imagens Ibramerc Live University. Acesso em <<https://ibramerc.liveuniversity.com/vendas-consultivas-ondemand/>> Acesso em 30/12/2019.

KAHNEMAN, D. 2011 THINKING, fast and slow. New York. Farrar, Straus & Giroux. 2011.

KANG, M. J.; RANGEL, A.; CAMUS, M.; CAMERER, C. F. HYPOTHETICAL and real choice differentially activate common valuation areas. *Journal of neuroscience*, v. 31, n. 2, p.461-468, 2011.

KEENEY RL & RAIFFA H. DECISION Making with Multiple Objectives, Preferences, and Value Tradeoffs. New York: John Wiley & Sons. 592 pages. 1976.

KHUSHABA, R. N.; WISE, C.; KODAGODA, S.; LOUVIERE, J.; KAHN, B. E.; TOWNSEND, C. CONSUMER neuroscience: Assessing the brain response to marketing stimuli using electroencephalogram (EEG) and eye tracking. *Expert Systems with Applications*, v. 40, n. 9, p. 3803-3812, 2013.

KIM BE, SELIGMAN D, KABLE J.W. PREFERENCE reversals in decision making under risk are accompanied by changes in attention to different attributes. *Front Neuroscience*, 6:109, 2012.

KLIMESCH, W. ALPHA-band oscillations, attention, and controlled access to stored information. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 16, n. 12, p. 606–617, 2012.

KRAUZLIS, R. J; GOFFART, L; HAFED, Z.M. NEURONAL control of fixation and fixational eye movements. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2017.

LAENG, B.; SIROIS, S.; GREDEBÄCK, G. PUPILLOMETRY: A window to the preconscious? *Perspectives on Psychological Science*, 2012.

LIEBMAN, E.; STONES, P; WHITE, C.N. HOW Music Alters Decision Making – Impact of Music Stimuli on Emotional Classification. 16th International Society for Music Information Retrieval Conference, 2015.

MARKETT, S. FUNCTIONAL Magnetic Resonance Imaging (fMRI). In: Reuter M., Montag C. (eds) *Neuroeconomics. Studies in Neuroscience, Psychology and Behavioral Economics*. Springer, Berlin, Heidelberg. 2016.

MASSAR, S. A.; LIM, J.; SASMITA, K.; CHEE, M. W. REWARDS boost sustained attention through higher effort: A value-based decision making approach. *Biologicalpsychology*, v. 120, p. 21-27, 2016.

MIGUEL, C. A. P; FLEURY, A; MELLO, P. H. C; NAKONO, H. D; DE LIMA, P. E; TURRIONI, B. J. et al. *METODOLOGIA de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações*. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2012.

MORÁN, A; SORIANO, M.C; IMPROVING the quality of a collective signal in a consumer EEG headset. *PLoS ONE* 13(5). 2018.

NAQVI, N., SHIV, B., & BECHARA, A. THE ROLE of Emotion in Decision Making. *Current Directions in Psychological Science*, 15(5), 260–264. 2006.

NETTO, A. A. T. C; COLAFEMINA, J. F.; MOVIMENTOS sacádicos em indivíduos com alterações cerebelares. *Braz. j. otorhinolaryngol. (Impr.)*, São Paulo , v. 76, n. 1, p. 51-58, 2010.

PLASSMANN, H.; VENKATRAMAN, V.; HUETTEL, S. Yoon, C. CONSUMER Neuroscience: Applications, Challenges, and Possible Solutions. *Journal of Marketing Research*, v. 52, n. 4, p. 427-435, 2015.

PLOCHL, M.; OSSANDÓN, J.P.; KONIG, P.; COMBINING EEG and eye tracking: identification characterization, and correction of eye movement artifacts in electroencephalographic data. *Frontier in Human Neuroscience*, 2012.

PRODUCT Description, Tobii X/T series Eye Trackers. <<https://www.tobiiipro.com/siteassets/tobii-pro/product-descriptions/tobii-pro-tx-product-description.pdf/?v=1.0>> Acesso em 20 de dezembro de 2019.

QUAIS os impactos de não ter um csc bem estruturado? disponível em: <https://blog.i9tec.com.br/quais-os-impactos-de-nao-ter-um-csc-bem-estruturado/>. acesso em: 30 dez./12/2019.

REZNIK, S. J.; ALLEN, J. J. B. FRONTAL asymmetry as a mediator and moderator of emotion: An updated review. *Psychophysiology*, v. 55, n. 1, 2018.

ROSELLI, L.R.P.; FREJ, E.A; de ALMEIDA, A.T. NEUROSCIENCE Experiment for Graphical Visualization in the FITradeoff Decision Support System. *Group Decision and Negotiation in an Uncertain World*, 56-69. 2018.

ROY, B. MULTICRITERIA methodology for decision aiding. Kluwer Academic Publishers, 1996.

SANFEY, A.G. SOCIAL Decision-Making: Insights from Game Theory and Neuroscience. *Science* 318, 598. 2007.

SANFEY, A.G., RILLING, J.K., ARONSON, J.A., NYSTROM, L.E. e COHEN, J.P. THE NEURAL Basis of Economic Decision-Making in the Ultimatum Game. *Science*, 5626: 1755-1758, 2003.

SATPATHY, J. ISSUES in neuro-management decision making. *International Journal of Business Managament*. Vol. 2, No. 2, December 2012.

SHIV, B. et al. INVESTMENTS behavior and the negative side of emotion. *Psychological Science*, 2005.

SILVA, G. S; MORAIS, D. C.; de ALMEIDA, A.T. STUDY of inconsistencies in the Tradeoff elicitation procedure using the eye-tracking neuroscience tool. In: INSID - INNOVATION FOR SYSTEMS INFORMATION AND DECISION, 1., 2019, Natal. Meeting. Natal: Insid, 2019.

STROMBACH, T.; WEBER, B.; HANGEBRAUK, Z.; KENNING, P.; KARIPIDIS, I. I.; TOBLER, P. N.; KALENSCHER, T. SOCIAL discounting involves modulation of neural value signals by temporoparietal junction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 112, n. 5, p. 1619-1624, 2015.

THALER, L.; SCHULTZ, A.C.; GOODALE, M.A.; GEGENFURTNER, K.R.; WHAT is the best fixation target? The effect of target shape on stability of fixation eye movements. *Vision Research*; Vol 76. 31-42. January 2013.

URIGÜEN, J. A.; GARCIA-ZAPIRAIN, B. EEG artifact removal - State-of-the-art and guidelines. *Journal of Neural Engineering*, v. 12, n. 3, p. 31001, 2015

VARTANIAN, O.; MANDEL, D.R. *Neuroscience of decision making*. Psychology Press, 2011.

VUCIJAK, B.; KURTAGIC, S. M.; SILAJDZIC, I. MULTICRITERIA decision making in selecting best solid waste management scenario: a municipal case study from Bosnia and Herzegovina. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, v. 130, p. 166–174, 2016.

WASCHER, E. et al. FRONTAL theta activity reflects distinct aspects of mental fatigue. *Biological Psychology*, v. 96, n. 1, p. 57–65, 2014.

WEBER, C.A.; BORCHERDING, K. BEHAVIORIAL Influences on weight judgments in multiattribute decision making. *European Journal of Operational Research*, n. 67, v. 1, p. 1-12, 1993.

WHAT happens during the eye tracker calibration. Disponível em: <https://www.tobiipro.com/learn-and-support/learn/eye-tracking-essentials/what-happens-during-the-eye-tracker-calibration/>. acesso em: 27 dez. 2019.