



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

**USO DO EEG PARA ESTUDO COMPARATIVO ENTRE TRADEOFF E**  
**ATIVIDADES DE CÁLCULO E MÚSICA**

**LIANA FERREIRA VELOSO**

Recife

2022

LIANA FERREIRA VELOSO

**USO DO EEG PARA ESTUDO COMPARATIVO ENTRE TRADEOFF E  
ATIVIDADES DE CÁLCULO E MÚSICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco como parte das exigências para a obtenção de grau de Mestre.

Área de Concentração: Gerência da Produção.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Paula Cabral Seixas Costa

Recife

2022

Catálogo na fonte  
Bibliotecário Gabriel Luz CRB-4/2222

V443u Veloso, Liana Ferreira.  
Uso do EEG para estudo comparativo entre *tradeoff* e atividades de cálculo e música / Liana Ferreira Veloso. 2022.  
67 f.; il.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Paula Cabral Seixas Costa.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Recife, 2022.  
Inclui referências e anexo.

1. Engenharia de produção. 2. Decisão multicritério. 3. *Tradeoff*. 4. Aspectos comportamentais. 5. Neurociência. 6. EEG. I. Costa, Ana Paula Cabral Seixas (Orientadora). II. Título.

UFPE

658.5 CDD (22. ed.)

BCTG / 2022 - 212

LIANA FERREIRA VELOSO

**USO DO EEG PARA ESTUDO COMPARATIVO ENTRE TRADEOFF E  
ATIVIDADES DE CÁLCULO E MÚSICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco como parte das exigências para a obtenção de grau de Mestre. Área de Concentração: Gerência da Produção.

Aprovada em: 22 / 02 / 2022.

**BANCA EXAMINADORA**

---

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

---

Profa. Dra. Danielle Costa Morais (Examinador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Renan Felinto de Farias Aires (Examinador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Liana Ferreira Veloso (Examinadora)  
Universidade Federal de Pernambuco

## RESUMO

Um modelo de decisão multicritério possui aspectos matemáticos bem definidos, no entanto, aspectos comportamentais relacionados ao inconsciente humano e vivências individuais do decisor, durante o procedimento de elicitação de preferências, não são considerados. Nesse contexto, o presente estudo explorou, com o auxílio do eletroencefalograma (EEG), os aspectos cognitivos e comportamentais ao longo das etapas do procedimento de elicitação *Tradeoff*, comparando a atividade cerebral dos sujeitos quando estavam fazendo a elicitação, com a atividade cerebral de quando foram submetidos a realizar operações matemáticas, captando o esforço cognitivo, e quando visualizavam diferentes clipes musicais, captando atividades cerebrais de associação intuitiva. Para a análise de dados, utilizou-se o teste t para comparar as amostras par a par, a Função Assimetria Frontal Alfa, que capta o engajamento na tarefa e a Função Pope que analisa o engajamento cognitivo, além disso, complementou-se cada análise com o estudo da Função Shift, no qual gera gráficos com inferenciais estatísticos robustos. O resultado da análise estatística sugere que a primeira etapa do *tradeoff*, a bisseção, é a que exige o maior esforço cognitivo por parte do decisor, além disso, são perceptíveis sinais de associação intuitiva durante o procedimento, indicando cansaço e dispersão mental. Já as análises de engajamento sugerem que os decisores tinham baixo engajamento na tarefa e um engajamento cognitivo semelhante a assistir um clipe musical, sendo sugestivo de que os tomadores de decisão estariam fazendo a elicitação de forma mais automática e menos consciente, podendo ser justificativa para o alto índice de inconsistências inerentes ao procedimento. Como conclusão, pode-se relacionar atividades de cálculo e música com etapas do Sistema de Apoio a Decisão (SAD) do *Tradeoff*, identificando o esforço cognitivo inerente ao processo, bem como um estado de decisões mais automáticas do decisor, além disso, foi possível extrair insights e contribuições para obter resultados mais consistentes na elicitação, a partir de orientações focadas ao decisor, ao analista e melhorias no SAD.

Palavras-chave: decisão multicritério; *tradeoff*; aspectos comportamentais; neurociência; EEG.

## ABSTRACT

A multicriteria decision model has well-defined mathematical aspects, however, behavioral aspects related to the human unconscious and individual experiences of the decision maker, during the preference elicitation procedure, are not considered. In this context, the present study explored, with the aid of the electroencephalogram (EEG), the cognitive and behavioral aspects throughout the steps of the Tradeoff procedure, comparing the subjects' brain activity when they were doing the elicitation, with the brain activity of when they were subjected to mathematical operations, capturing cognitive effort, and when they viewed different music clips, capturing brain activities of intuitive association. For data analysis, was used the t test, the Alpha Frontal Asymmetry Function and the Pope Function, which respectively compare the samples pair by pair, analyzes cognitive engagement in addition and captures task engagement, also, each analysis was complemented with the study of the Shift Function, which generates graphs with robust statistical inferential. The result of the statistical analysis suggests that the first stage of the tradeoff, bisection, is the one that requires the greatest cognitive effort on the part of the decision maker, in addition, signs of intuitive association are noticeable during the procedure, indicating tiredness and mental dispersion. Engagement analyzes suggest that decision makers had low task engagement and a cognitive engagement similar to watching a music clip, indicating that decision makers would be doing the elicitation more automatically and less consciously, which may be a justification for the high-rate inconsistencies inherent to the procedure. Thus, as a conclusion, it is possible to relate the calculation and music steps to Tradeoff steps, identifying the cognitive effort inherent to the process, as well as a more automatic decision-making state. In addition, it was possible to extract insights and contributions to obtain more consistent results in the elicitation, from guidelines focused on the decision maker, the analyst and improvements in the Decision Support System (DSS).

Keywords: multicriteria decision; tradeoff; behavioral aspects; neuroscience; EEG.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificações clássicas metodológicas.....	16
Quadro 2 - Funcionalidades dos equipamentos de neurociência.....	23
Quadro 3 - Ondas cerebrais.....	25
Quadro 4 - Etapas do Tradeoff.....	30
Quadro 5 - Demonstração da comparação de amostras.....	37
Quadro 6 - Resultado do p-valor no teste t.....	38
Quadro 7 - Demonstrativo do p-valor no teste t.....	39
Quadro 8 - Resultado da Função Shift nos canais frontais da banda teta.....	41
Quadro 9 - Resultado do p-valor no teste t com cortes.....	42
Quadro 10 - Resultado da Função Shift com cortes.....	43
Quadro 11 - Resultado do teste t para a Função Assimetria Frontal Alfa.....	45
Quadro 12 - Resultado da Função Shift na Função Assimetria Frontal Alfa.....	45
Quadro 13 - Resultado do teste t na Função Assimetria Frontal Alfa com cortes.....	47
Quadro 14 - Resultado da Função Shift na Função Assimetria Frontal Alfa com cortes.....	47
Quadro 15 - Demonstrativo da análise de dados na Função Pope.....	49
Quadro 16 - Resultado da Função Pope sem cortes.....	50
Quadro 17 - Resultado da Função Shift na Função Pope sem cortes.....	50
Quadro 18 - Resultado da Função Pope com cortes.....	51
Quadro 19 - Resultado da média na Função Pope para cálculo e música.....	51
Quadro 20 - Resultado da Função Shift na Função Pope com cortes.....	52
Quadro 21 - Resumo do resultado das análises realizadas.....	53
Quadro 22 - Realização dos objetivos propostos.....	57

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura do Trabalho .....	18
Figura 2 - Etapas do Tradeoff.....	21
Figura 3 - Procedimento para a coleta de dados .....	30
Figura 4 - Canais do EEG .....	31
Figura 5 - Funções utilizadas para a análise de dados .....	33
Figura 6 - Resumo das funções utilizadas .....	36
Figura 7 - Painéis da Função Shift no canal F7 na comparação entre cálculo e a etapa da bisseção do tradeoff .....	40
Figura 8 - Resultado da Função Assimetria Frontal Alfa sem cortes .....	44
Figura 9 - Resultado da Função Assimetria Frontal Alfa com cortes.....	46

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Função valor aditiva .....	20
Equação 2 - Função Assimetria Frontal Alfa F3-F4.....	34
Equação 3 - Função Assimetria Frontal Alfa F7-F8.....	34
Equação 4 - Índice de engajamento Pope.....	34

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	14
1.2	OBJETIVOS .....	15
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivo Geral</b> .....	<b>15</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>15</b>
1.3	MÉTODO DE PESQUISA.....	16
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
<b>2</b>	<b>BASE CONCEITUAL E REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>19</b>
2.1	BASE CONCEITUAL .....	19
<b>2.1.1</b>	<b>Decisão multicritério e elicitación <i>tradeoff</i></b> .....	<b>19</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Análises comportamentais e neurociência em decisão</b> .....	<b>21</b>
<b>2.1.3</b>	<b>Ferramentas de neurociência</b> .....	<b>24</b>
<b>2.1.3.1</b>	<b>EEG</b> .....	<b>24</b>
2.2	REVISÃO DA LITERATURA .....	25
<b>2.2.1</b>	<b>Influência comportamental nos processos decisórios com apoio da neurociência</b> .....	<b>25</b>
2.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO .....	28
<b>3</b>	<b>EXPERIMENTO E ANÁLISE DE DADOS</b> .....	<b>29</b>
3.1	O EXPERIMENTO.....	29
3.2	ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS.....	31
<b>3.2.1</b>	<b>Análise estatística Teste T e Função Shift</b> .....	<b>33</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Função Assimetria Frontal Alfa</b> .....	<b>34</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Função Pope</b> .....	<b>34</b>
3.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO .....	35
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E INSIGHTS</b> .....	<b>37</b>
4.1	ANÁLISE ESTATÍSTICA TESTE T E FUNÇÃO SHIFT .....	37

<b>4.1.1</b>	<b>Análise sem cortes .....</b>	<b>37</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Análise com cortes .....</b>	<b>41</b>
<b>4.2</b>	<b>FUNÇÃO ASSIMETRIA FRONTAL ALFA .....</b>	<b>43</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Análise sem cortes .....</b>	<b>43</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Análise com cortes .....</b>	<b>45</b>
<b>4.3</b>	<b>FUNÇÃO POPE.....</b>	<b>48</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Análise sem cortes .....</b>	<b>48</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Análise com cortes .....</b>	<b>50</b>
<b>4.4</b>	<b>COMPARAÇÃO DOS EXPERIMENTOS.....</b>	<b>52</b>
<b>4.5</b>	<b>INSIGHTS E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>53</b>
<b>4.6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....</b>	<b>55</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>56</b>
<b>5.1</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>56</b>
<b>5.2</b>	<b>LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>58</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>60</b>
	<b>ANEXO A - DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO .....</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A tomada de decisão é um processo inerente à vida cotidiana, envolvendo desde decisões simples do dia a dia, até decisões complexas que podem ter efeitos de longo prazo (ZANGHELINI; CHERUBINI; SOARES, 2018). Aplicado ao contexto empresarial, os processos decisórios estão presentes nas principais atividades de todos os níveis hierárquicos: operacional, tático e estratégico, onde geralmente envolvem objetivos conflitantes entre si (KEENEY; RAIFFA, 1976).

Diante disso, a condição básica para a existência de um problema de decisão é a existência de pelo menos duas alternativas, e, para resolvê-lo é necessária a presença de um decisor, que irá estabelecer suas preferências sobre as consequências envolvidas no problema, e impactará diretamente na competitividade da organização. Dessa forma, uma preocupação natural envolve a força da tomada de decisão em longo prazo, sendo de suma importância a escolha do método de decisão adequado, no qual pode ser definido como uma representação formal e simplificada de um problema real. (DE ALMEIDA, 2013).

Além disso, se houver mais de um critério a ser decidido no problema de decisão, ele é definido como um problema multicritério e deve ser enfrentado com suporte de um método multicritério de apoio à decisão – MCDA (DE ALMEIDA, 2013). O MCDA é uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão, no qual geralmente precisa ser alimentada por critérios orientados a interpretação, baseado em diferentes protocolos para obter entradas, estruturas, algoritmos e processos para interpretar e usar resultados formais em contextos reais de aconselhamento ou tomada de decisão, levando em consideração elementos subjetivos, como a opinião dos tomadores de decisão na avaliação dos diferentes critérios (ZANGHELINI; CHERUBINI; SOARES, 2018).

Dentro do MCDA, têm-se o método de agregação aditivo determinístico, onde a função valor aditivo corresponde a uma soma ponderada, que resulta em um vetor de consequências para cada alternativa em análise. Um procedimento que se destaca no método aditivo é o *tradeoff*, no qual é avaliado o desempenho de cada objetivo comparando-o par a par, avaliando as escolhas entre os valores considerados (DE ALMEIDA, 2013). Em essência, no *tradeoff*, o tomador de decisão coloca um objetivo contra o outro, avaliando a consequência dos atributos de cada alternativa, ou seja, ele analisa o quanto de realização em um objetivo ele está disposto a abrir mão, em prol de um maior desempenho em outro objetivo, sendo essa escolha uma questão subjetiva (KEENEY; RAIFFA, 1976).

Por envolver a subjetividade atrelada ao decisor, pode-se afirmar que os tomadores de decisão não utilizam apenas a razão, visto que, além da influência das questões racionais, eles também sofrem o impacto dos aspectos comportamentais relacionados com o inconsciente humano (EAGLEMAN, 2015; ROSELLI 2018; ANDRADE, 2020).

Apesar de o *tradeoff* envolver os algoritmos e aspectos matemáticos, o lado comportamental não é considerado no processo decisório, havendo um espaço na literatura no que diz respeito à abordagem do método multicritério de apoio à decisão, relacionado aos aspectos inconscientes que acontecem durante a tomada de decisão. Dessa forma, faz-se necessário estudar a correlação dos aspectos comportamentais nos estudos de apoio à decisão, a fim compreender como a influência emocional, cultural e social no qual o decisor está inserido afeta a tomada de decisão, explorando a lacuna existente na literatura.

Para compreender esses aspectos, a neurociência se configura como uma alternativa, pois permite compreender, a partir dos conhecimentos multidisciplinares, as emoções, pensamentos, ações e aprendizados humanos (BENFICA; BARBOSA, 2015), sendo relevante no processo decisório. Portanto, a neurociência envolve o comportamento a partir das observações analisadas, captando por meio de ferramentas de neurociência os aspectos involuntários cerebrais dos decisores (ANDRADE, 2020).

Os instrumentos de neurociência recebem grande atenção devido à capacidade de complementar as fontes de dados existentes com os dados capturados diretamente no corpo humano, permitindo a medição das respostas humanas quando as pessoas estão envolvidas em diversas atividades. As ferramentas de neurociência se dividem entre psicofisiológicas e de neuroimagem. As ferramentas psicofisiológicas podem ser Eletrocardiograma (EKG), *eye tracking* ou condutância da pele, já as ferramentas de neuroimagem podem ser Imagem por Ressonância Magnética Funcional (fMRI) e Eletroencefalograma (EEG) (DIMOKA et al., 2012).

Reuter e Montang (2016) afirmam que a pesquisa em neurociência depende de procedimentos não invasivos para estudo dos correlatos neurais da cognição e comportamento humano, por conseguinte, a ferramenta mais promissora para atingir esse objetivo é o eletroencefalograma (EEG), pois permite a captura das funções cognitivas de forma não invasiva e com o custo relativamente baixo. O EEG registra a atividade cerebral no couro cabeludo e permite a identificação de funções mentais complexas como a atenção, memória, linguagem ou tomada de decisão por meio de sinais que medem a atividade cerebral por milissegundo.

Portanto, para avaliar a atividade cerebral durante o processo *tradeoff*, observando aspectos racionais e comportamentais, o presente trabalho busca, com o auxílio da ferramenta de neurociência EEG, fazer uma análise comparativa entre momentos que requerem esforços cognitivos diferentes, para compreender quais desses aspectos se correlacionam com as etapas do procedimento *tradeoff*, a fim de trazer contribuições ao processo.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O procedimento de eliciação do *tradeoff* foi apresentado por Keeney e Raiffa (1975) e possui um maior rigor na análise da sua estrutura axiomática. Apesar de permitir a incorporação de uma avaliação intracritério de valores não lineares, quanto mais perguntas forem feitas durante o procedimento, maior a exigência cognitiva por parte do decisor, o que pode implicar em estresse, cansaço e desinteresse. Assim sendo, esse método tem como aspecto crítico a possível exaustão do decisor, uma vez que, quanto maior for o esforço cognitivo exigido, maior é a taxa de inconsistência em suas respostas, que gira em torno de 67% (DE ALMEIDA, 2013).

Esse alto índice de inconsistências é proveniente do cansaço do decisor, que, como consequência, não oferece todas as informações necessárias para se obter um resultado confiável (ANDRADE, 2020). Portanto, o presente trabalho se torna relevante ao buscar explorar esse aspecto, por meio da neurociência, buscando auxiliar no entendimento de como os decisores realizam suas escolhas.

Ademais, o problema em questão está relacionado às lacunas da literatura em relação ao procedimento de eliciação *tradeoff*, e ao combinar o procedimento matemático com as ferramentas de neurociência, tem-se a possibilidade de explorar esse *gap*, pois amplia-se o entendimento a respeito dos aspectos cognitivos dos processos decisórios, tornando possível a identificação e o entendimento das questões intrínsecas relacionadas às escolhas dos indivíduos, diminuindo as falhas no processo.

Visto que o uso das ferramentas de neurociência permite observar a mudança das atividades cerebrais quando há algum esforço cognitivo por parte do decisor, o presente estudo propõe analisar a atividade cerebral dos participantes em três momentos distintos, primeiramente quando eles estão ouvindo música, no qual sugere-se um estado cognitivo mais automático, posteriormente quando estão efetuando cálculos matemáticos, que exigem um esforço cognitivo maior, e, por último, quando estão efetuando a eliciação *tradeoff*, permitindo assim, que sejam comparados tanto o estado mental automático, semelhante a etapa de música,

como o estado de concentração ativa, semelhante a etapa de cálculo, às etapas de elicitacão *tradeoff*, compreendendo quais são as etapas mais críticas do processo decisório.

Portanto, o presente estudo se justifica pela busca de avançar na explorao da lacuna literária encontrada, além de contribuir com a sociedade ao fornecer um melhor entendimento a respeito dos processos decisórios, sendo um potencial de inovao para a modelagem MCDA. Dessa forma, a pergunta norteadora do estudo em questão : “**Como a agregao da modelagem matemática e dos estudos comportamentais, com o uso de neurociências em MCDA, podem auxiliar na compreensão dos fatores que afetam a tomada de decisão, minimizando os impactos negativos do procedimento de elicitacão *tradeoff*?**”.

## 1.2 OBJETIVOS

Esta seo elucidar os objetivos gerais e específicos do presente estudo.

### 1.2.1 Geral

O objetivo geral do presente estudo , com o apoio da ferramenta de neurociência Eletroencefalograma (EEG), explorar o procedimento de elicitacão *tradeoff* nos processos decisórios, identificando por meio da atividade cerebral, quando os decisores fazem uma associao automática e quando estão com ateno focada e concentrao ativa, a fim de obter insights e recomendaes para diminuir as inconsistências do processo.

### 1.2.2 Específicos

Para atingir o objetivo especificado na seo 1.2.1, o estudo tem como objetivos específicos:

- Explorar os processos decisórios no âmbito da neurociência utilizando os 14 canais do EEG;
- Obter ondas cerebrais de ateno focada ao capturá-las quando o sujeito estiver efetuando cálculos matemáticos;
- Obter ondas cerebrais de associao intuitiva ao capturá-las quando o sujeito estiver visualizando clipes musicais conhecidos;
- Avaliar os esforços cognitivos de ateno focada e estado mental automático do procedimento de elicitacão *tradeoff*, ao fazer análises estatísticas comparativas entre

as atividades cerebrais durante o *tradeoff* e as etapas de cálculo e música;

- Obter sugestões inferenciais robustas acerca dos resultados por meio da Função Shift;
- Estudar o engajamento dos participantes utilizando a Função Assimetria Frontal Alfa e a Função Pope;
- Identificar possíveis orientações para decisor, analista e SAD do *tradeoff*, para minimizar os impactos negativos do procedimento de elicitación.

### 1.3 MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia tem como classificação clássica quatro aspectos: natureza, objetivos, abordagem e procedimentos técnicos, caracterizados conforme o Quadro 1, que, junto com as técnicas e métodos de pesquisa utilizados, se tornam relevantes para a estruturação do projeto e caracterização do método de pesquisa.

Quadro 1 – Classificações clássicas metodológicas

CLASSIFICAÇÕES CLASSICAS	CARACTERIZAÇÃO
Natureza	Básica ou aplicada
Objetivos	Exploratório, descritivo, preditiva
Abordagem	Qualitativa, quantitativa, mista
Procedimentos técnicos	Pesquisa bibliográfica, desenvolvimento teórico pesquisas experimentais, <i>survey</i> , modelagem e simulação, estudo de caso e pesquisa-ação.

Fonte: GANGA (2012).

Conforme elucidado no Quadro 1, em relação ao presente estudo, podemos caracterizá-lo como natureza qualitativa, de finalidade aplicada, visto que serão realizadas análises estatísticas de experimentos práticos, onde os resultados podem ser aplicados em situações reais; com objetivos exploratórios, a fim de proporcionar a compreensão inicial de um problema pouco explorado, observando a ótica da influência comportamental nos problemas decisórios; abordagem mista, devido a verificação e análise dos dados por meio de observação estruturada, e com procedimentos técnicos de pesquisa bibliográfica e estudo de caso, no qual serão utilizados dados obtidos em laboratório, com o auxílio do equipamento de neurociência EEG, além do uso de documentação indireta, por meio da pesquisa bibliográfica em periódicos, livros e artigos.

Os dados utilizados na pesquisa foram extraídos dos estudos realizados no Laboratório de *NeuroScience for Information and Decision* (NSID), localizado no quinto andar do prédio

do Centro de Tecnologias e Geociências (CTG) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), pelas pesquisadoras ANDRADE (2020) e PEREIRA (2020), no qual explorou-se os dados brutos coletados por elas.

Participaram do experimento 78 alunos dos cursos de graduação, mestrado e doutorado em Engenharia de Produção e Administração da Universidade Federal do Pernambuco, no entanto, a amostra final foi de 35 participantes devido à qualidade dos dados obtidos.

Inicialmente, os participantes do experimento faziam a leitura das instruções para o estudo, tiravam dúvidas e assinavam o termo de consentimento. Na sala do experimento, inicialmente, posicionava-se o EEG adequadamente na cabeça e fazia-se a montagem e calibração do *eye-tracking*. Para esse trabalho, apenas os dados do EEG foram utilizados, pois as pesquisas de cálculo, música e *tradeoff* utilizando as métricas do *eye-tracking* foram explorados por ANDRADE (2020) e PEREIRA (2020), sendo o estudo com o EEG o diferencial dessa pesquisa.

Com os equipamentos posicionados adequadamente, os participantes realizavam 4 cálculos matemáticos na primeira parte do experimento, que aumentavam o grau de dificuldade à medida que o experimento era desenvolvido.

Posteriormente, a segunda etapa do estudo exibia trechos de vídeo clipes musicais de funk, rock nacional, MPB e jovem guarda. E, por último, na terceira etapa do experimento os alunos realizavam eliciações *tradeoffs* com o auxílio do *software* do Sistema de Apoio a Decisão (SAD), em que, caso houvesse inconsistência na resposta, eram oferecidos três cursos de ação: (1) repetir o procedimento de elicitação, (2) aceitar as inconsistências ou (3) adotar a sugestão do *software*. Ao final, o *software* apresentava uma tabela com a ordem de preferência do participante, obtida a partir de todo o processo de tomada de decisão (ANDRADE, 2020).

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em 4 capítulos. No capítulo 1, Introdução, são apresentadas as motivações e justificativas para o desenvolvimento do estudo, bem como os objetivos em questão.

Posteriormente, o capítulo 2 apresenta a base conceitual e a revisão da literatura, abordando os principais temas estudados nesse trabalho, compostos pela decisão multicritério e elicitação *tradeoff*, análises comportamentais e neurociência em decisão e a ferramenta de neurociência EEG.

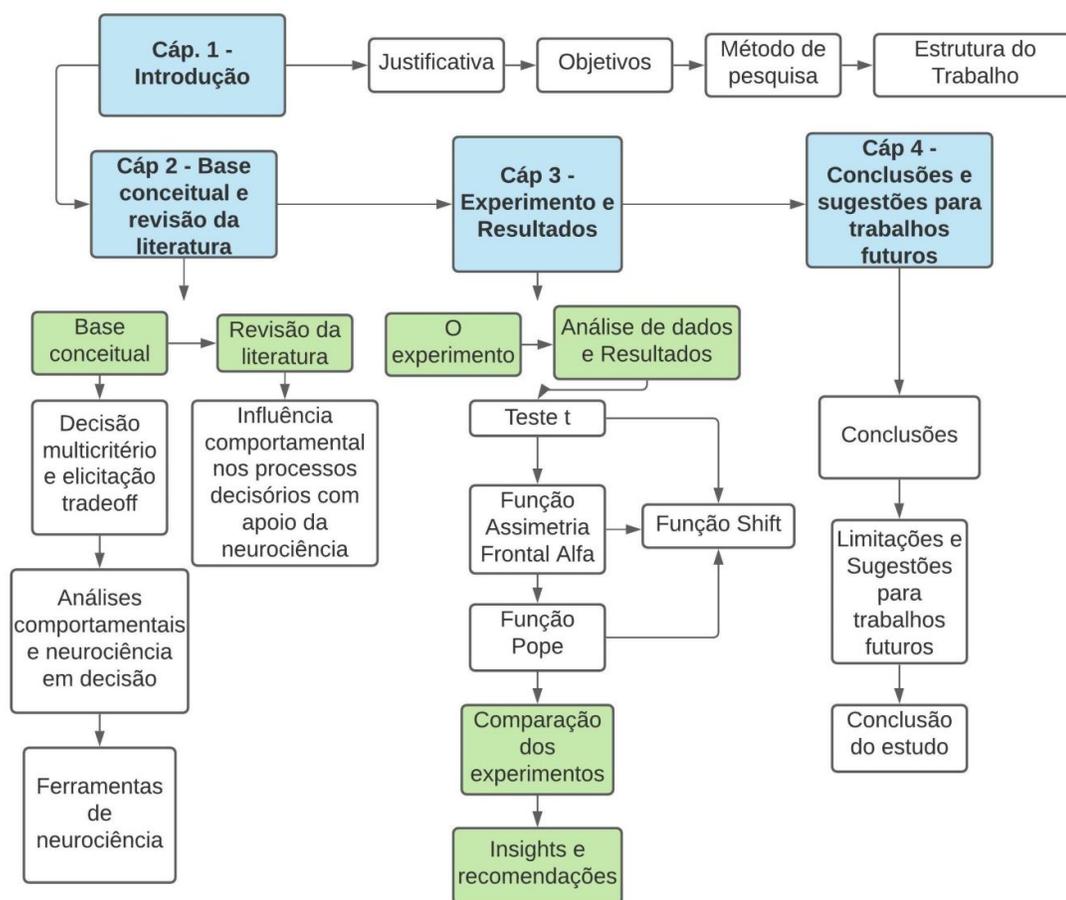
O capítulo 3 é composto exploração das análises feitas com os dados do experimento,

iniciando pelo teste estatístico  $t$ , seguido pela Função Shift e complementada com a Função Assimetria Frontal Alfa e a Função Pope. Nesse capítulo serão apresentados os desenhos da pesquisa, bem como a discussão dos resultados e os *insights* obtidos.

Por fim, capítulo 4 apresenta a conclusão dos resultados obtidos, discutindo as limitações do trabalho e sugerindo análises futuras.

A Figura 1 traz a representação da estrutura desta dissertação, indicando as relações entre os capítulos e seções.

Figura 1 – Estrutura do trabalho



Fonte: A autora, 2021

## 2 BASE CONCEITUAL E REVISÃO DA LITERATURA

Esse capítulo apresentará a base conceitual e a revisão da literatura desenvolvida para esta pesquisa.

### 2.1 BASE CONCEITUAL

A base conceitual utilizada será apresentada em três tópicos no tocante aos temas de decisão multicritério e eliciação *tradeoff*, análises comportamentais e neurociência em decisão, e ferramentas de neurociência.

#### 2.1.1 Decisão multicritério e eliciação *tradeoff*

A tomada de decisão, apesar da grande frequência em que é vivenciada, pode ser considerada um processo complexo, e nesses casos, uma das alternativas é resolvê-la com uso de métodos formais de apoio a decisão (ANDRADE, 2020). Dentre os problemas que envolvem uma decisão, um problema de decisão multicritério consiste em um processo decisório em que há pelo menos duas alternativas de ação para escolha, no qual envolve múltiplos objetivos associados. Sua complexidade ocorre devido a análise de alternativas e critérios conflitantes entre si, além de depender de fatores psicológicos, culturais e econômicos, vinculados à experiência, habilidades e preferências do decisor (CALAZANS et al., 2016; DE ALMEIDA et al., 2013; ROSELLI, 2020).

A aplicação de um modelo formal de apoio à decisão (MCDA) auxilia as organizações a terem uma melhor visualização de suas alternativas, consequências e ações a serem tomadas, consistindo em uma representação formal e simples do problema analisado usando suporte de um método de decisão multicritério (ANDRADE, 2020).

A preocupação geral da escolha no processo decisório está na estruturação do processo. Métodos multicritérios podem ser classificados como conjunto discreto ou contínuo, e considera três tipos principais, sendo eles os métodos de critério único de síntese, métodos de sobreclassificação e métodos interativos (CALAZANS, 2016; DE ALMEIDA et al., 2013).

Os métodos de critério único de síntese agregam os critérios em um único critério de síntese, destacando-se os métodos baseados no modelo aditivo determinístico e utiliza conjuntos discretos; os métodos de sobreclassificação também são representados por conjuntos discretos, no qual se destacam a família de métodos do ELECTRE e PROMETHEE, já os

métodos interativos podem estar relacionados a problemas discretos ou contínuos. Além disso, uma classificação importante diz respeito à racionalidade, que pode ser compensatória ou não compensatória, no qual, no primeiro grupo, um desempenho inferior em um determinado critério pode ser compensado por um desempenho superior em outro critério, já no segundo grupo não existe essa compensação (DE ALMEIDA et al., 2013).

O método de agregação aditivo corresponde ao mais típico método de critério único de síntese, sendo o objeto de estudo do presente trabalho. A função valor aditiva pode ser chamada de soma ponderada, visto que consiste em um modelo matemático de agregação dos critérios no qual existe um vetor de consequência  $x$  para cada alternativa  $a$ , assim, utiliza-se para a avaliação intracritério a função valor  $v(j)$  para cada critério  $j$ , sendo sua função global

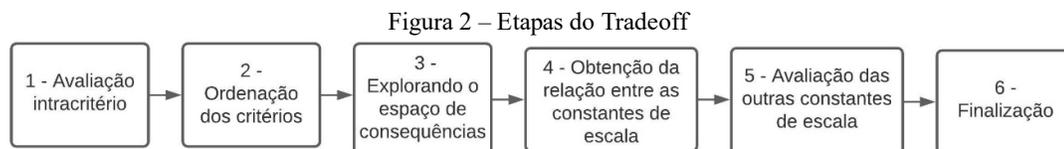
$$v(a) = \sum_{j=1} k_j v_j(a) \quad (1)$$

Onde  $k_j$  representa a constante de escala para o critério  $j$  (DE ALMEIDA et al., 2013).

A solução do problema consiste na seleção da alternativa que tiver o máximo valor global ( $a$ ). Um ponto relevante é a definição das constantes de escala, pois não representam apenas o grau de importância da alternativa, mas também o grau de substituição inerente a ela, sendo necessário considerar as consequências obtidas na avaliação de cada objetivo, sem o *tradeoff* um procedimento importante que busca encontrar esse valor corretamente (ANDRADE, 2020).

O *tradeoff* possui um maior rigor em relação a sua estrutura axiomática e se caracteriza por obter visões entre as diversas consequências apresentadas ao decisor, no qual um objetivo é analisado contra outro, sendo a essência da questão saber quanto de realização no objetivo 1 o tomador de decisão está disposto a desistir a fim de melhorar o desempenho no objetivo 2 (KEENEY; RAIFFA, 1976). Dessa forma, são obtidas visões dos *tradeoffs* entre várias consequências a partir das considerações apresentadas pelo decisor, sendo elas organizadas no espaço de consequências do problema estudo de forma a representar os critérios (DE ALMEIDA et al., 2013).

O procedimento *tradeoff* possui seis etapas, conforme ilustrado na Figura 2.



Fonte: De Almeida 2013

Na etapa 1 são desenvolvidas as avaliações intracritério, no qual se obtêm as funções valor  $v_j(x_j)$  para cada critério  $j$ . Na etapa 2, ordenam-se as consequências da melhor ( $m_j$ ) para a pior ( $p_j$ ), tal que  $x_j=m_j$ , apenas para o critério  $i$ , e  $x_j=p_j$  para todos os outros critérios com  $j \neq i$ . Na etapa 3 procura-se obter outras comparações de relações de preferência  $P$  para que o decisor possa pensar melhor no espaço de consequências e melhorar sua sensibilidade de avaliação. Na etapa 4 procura-se encontrar relações de indiferença, variando-se para um determinado critério, o valor de  $x_j$  entre  $m_j$  e  $p_j$ . Na etapa 5 repete-se a etapa 4 para os outros critérios e obtém-se o número de relações necessárias para cada  $k_j$ . Por fim, na etapa 6 devem-se efetuar testes de consistência (DE ALMEIDA, 2013).

Apesar de haver uma estruturação para a elicitación das constantes de escala dentro do do MAVT por meio do *tradeoff*, o contexto comportamental é muito importante, visto que as decisões acerca das consequências dos critérios são subjetivas de acordo com o decisor, dessa forma, torna-se importante estudar o aspecto humano dos processos decisórios em paralelo, portanto, foi considerado para esta pesquisa a análise comportamental, com o auxílio da neurociência, conforme descrito na seção 2.1.2.

### 2.1.2 Análises comportamentais e neurociência em decisão

Apesar do modelo de elicitación *tradeoff* ser robusto, o tomador de decisão está suscetível a vieses que podem estar relacionadas às questões subjetivas ou à racionalidade limitada do ser humano, dessa forma, problemas complexos podem gerar inconsistências que afetam a execução do procedimento (SILVA; ALMEIDA; MORAIS, 2019).

Não obstante, existe uma lacuna na literatura sobre como a influência comportamental afeta o processo decisório, se tornando relevante o estudo em questão. Sabe-se que análises comportamentais são importantes para as pesquisas acerca da decisão multicritério, visto que permitem que o processo de elicitación seja realizado de forma mais consistente, baseando-se tanto nas questões matemáticas, como nas questões comportamentais, possibilitando melhores resultados (ANDRADE; MORAIS, 2019), para preencher essa brecha na literatura, a neurociência surge como uma alternativa.

A neurociência é um campo multidisciplinar no qual cooperam em conjunto disciplinas como biologia, química, psicologia e economia, compartilhando uma linguagem em comum que busca entender as estruturas e o funcionamento do cérebro, compreendendo desde a composição molecular das células nervosas até o comportamento das emoções e cognições (VELOSO, 2019). De modo geral, a neurociência utiliza sua base teórica disciplinar para obter informações sobre o comportamento humano, incluindo como as pessoas fazem a sua escolha e como o cérebro se comporta no processo decisório (ANDRADE; MORAIS, 2019).

Eagleman (2015) relata que as ações, crenças e preconceitos humanos são movidas de forma inconsciente, de modo que o cérebro atua inconscientemente desde pequenas ações até grandes atividades que foram aprendidas ao longo da vida. Esse fenômeno é possível devido ao fato que o nosso cérebro atua como dois sistemas separados, no qual o sistema 1 opera de forma rápida e automática, sendo responsável pelas ações dirigidas por emoções e associações, com pouco ou nenhum esforço. Já o sistema 2 é responsável pelo cérebro consciente, no qual opera de forma lenta, sequencial, deliberativa, baseado em regras e utiliza cálculos conscientes para chegar a decisões assertivas, portanto, a tomada de decisão pode acontecer de forma conscientes ou não, a depender do momento em que o sistema 1 ou 2 está operando (EAGLEMAN, 2015; KAHNEMAN, 2011).

O cérebro é uma máquina cheia de conflitos e utiliza o balanceamento entre a emoção e a razão para tomar uma decisão, sendo influenciado pela forma no qual as pessoas percebem o mundo ao redor e o contexto vivenciado, podendo utilizar heurísticas, para reduzir o problema em algo menor, ou uma análise sistêmica por meio do sistema 2 (EAGLEMAN, 2015). As operações automáticas do sistema 1 geram padrões de ideias complexas, mas apenas o sistema 2 pode ser construir pensamentos ordenados de passos, assim sendo, o sistema 2 pode assumir controle, dominando os impulsos e associações do sistema 1, no entanto, se o sistema 1 for endossado pelo sistema 2, as impressões e intuições podem ser tornar crenças e ações voluntárias (KAHNEMAN, 2011).

Dado esse contexto, compreende-se que os fatores externos impactam diretamente o estímulo comportamental e as decisões tomadas, como é o caso da música, no qual afeta o humor das pessoas, sendo possível influenciar na escolha do decisor (LIEBMAN; STONES; WHITE, 2015). Nesse contexto, para identificar e analisar ações involuntárias e o esforço cognitivo no processo decisório é preciso utilizar equipamentos de neurociência para capturar esses dados.

### 2.1.3 Ferramentas de neurociência

As ferramentas de neurociência possuem grande importância no âmbito das ciências sociais devido a sua capacidade de complementar as fontes de dados capturados diretamente dos seres humanos e são divididas entre ferramentas psicofisiológicas, que capturam a base fisiológica das funções motoras, como movimento ocular, suor nas glândulas das palmas das mãos ou pés ou atividade elétrica do coração através da pele, e ferramentas de neuroimagem, no qual é possível visualizar imagens cerebrais, seja por meio de mudanças no fluxo sanguíneo cerebral, atividade elétrica do cérebro através do couro cabeludo ou mudanças nos campos magnéticos decorrentes da atividade cerebral.

As ferramentas psicofisiológicas podem ser EKG, *eye tracking*, condutância da pele, dentre outros, já as ferramentas de neuroimagem têm como exemplo o fMRI, PET e o EEG (DIMOKA et al., 2012). Esses equipamentos são utilizados para coletar variáveis fisiológicas úteis para auxiliar na investigação e no entendimento dos decisores na ação de interesse (ROSELLI, 2020). O Quadro 2 demonstra as principais funcionalidades de cada equipamento citado.

Quadro 2 – Funcionalidades dos equipamentos de neurociência

<b>Ferramentas psicofisiológicas</b>	
Eletrocardiograma (EKG)	Responsável por medir a atividade elétrica do coração, identificando quantas vezes ele bate em um minuto.
<i>Eye tracking</i>	Mede a posição do olho ou o movimento do olho em relação a cabeça, reunindo dados de local e por quanto tempo os sujeitos focam seus olhos em um determinado estímulo.
Condutância da pele	Diz respeito à resposta no qual a pele se torna um melhor condutor de eletricidade mediante a estímulos internos ou externos que causam aumento das atividades das glândulas sudoríparas humanas.
<b>Ferramentas de neuroimagem</b>	
Imagem por ressonância magnética funcional (fMRI)	Reflete a atividade neural medindo as mudanças na oxigenação do sangue de modo não invasivo.
<i>Positron Emission Topography</i> (PET)	Mede a atividade metabólica, representando alterações neuroquímicas usando isótopos marcadores radioativos que são detectados por um scanner PET.
Eletroencefalografia (EEG)	Mede a atividade elétrica do cérebro de correntes iônicas extracelulares que são causadas pela atividade dendrítica.

Fonte: DIMOKA et al., 2012

Dentre os equipamentos descritos no Quadro 2, o equipamento EEG foi o escolhido para

auxiliar a presente pesquisa, devido ao seu custo-benefício perante aos demais, além de capturar a informação de maneira não invasiva, resguardando a saúde e o bem estar dos participantes. Na seção 2.1.3.1, mais detalhes acerca da ferramenta EEG serão fornecidos.

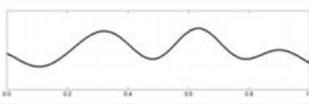
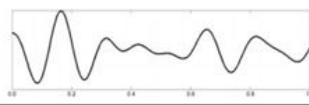
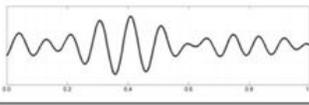
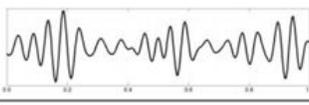
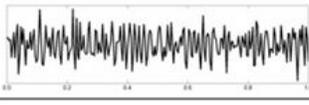
#### 2.1.3.1 EEG

O Eletroencefalograma capta, a partir de eletrodos presos ao couro cabeludo, conectados a um amplificador bipotencial controlado por um computador, as ondas emitidas pelo cérebro, constituindo a medição de sinais elétricos em uma janela de tempo. Dessa forma, o EEG permite a observação de milhares de processos cerebrais, captando a resposta neural de um estímulo específico, de forma não invasiva, sem causar problemas para os usuários do equipamento, além de armazenar os dados para análise posterior (MULLER-PUTZ; RIEDL; WRIESSNEGGER, 2015; REUTER; MONTANG, 2016).

Diversos experimentos de diferentes áreas são realizados com esse equipamento devido a facilidade do seu uso, permitindo que o estudo sobre o cérebro seja realizado com mais comodidade. 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 do participante precisar ficar sem realizar movimentos durante o experimento para que os dados sejam os melhores possíveis (ANDRADE, 2020).

Os dados obtidos são ondas que representam as atividades cerebrais. Todos os seres humanos possuem cinco frequências – delta, teta, alfa, beta e gama – no qual cada frequência é medida em ciclos por segundo (Hz), tem seu próprio conjunto de características, que representam um nível específico de atividade cerebral e estado único de consciência, relacionado com a circunstância no qual o cérebro se encontra, conforme apresentado na Quadro 3 (REUTER; MONTANG, 2016).

Quadro 3 – Ondas cerebrais

Banda de frequência	Largura de banda	Estados de associação mental	Exemplo ilustrativo
Delta	1-4Hz	Sono profundo, coma	
Teta	4-8Hz	Estados específicos de sono, meditação, sonolência	
Alfa	8-13Hz	Relaxamento, leitura	
Beta	13-25Hz	Concentração ativa, ansiedade, atenção focada	
Gama	25-200Hz	Excitação, pico de performance	

Fonte: ADAPTADO DE MULLER-PUTZ; RIEDL; WRIESSNEGGER, 2015

Dessa forma, as características de cada banda de frequências serão utilizadas como parâmetro para identificar os estados de associação mental dos sujeitos durante o experimento, os índices de engajamento cognitivo e de atenção na tarefa, a fim de compreender o processo cognitivo e comportamental no processo decisório, possibilitando extrair *insights* que possam minimizar as inconsistências do procedimento de elicitación do *tradeoff*.

## 2.2 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção serão apresentados os estudos realizados acerca dos temas de decisão multicritério e neurociência, explorando os estudos de neurociência com cálculo e música.

### 2.2.1 Influência comportamental nos processos decisórios com apoio da neurociência

Até meados da década de 50, a teoria econômica tradicional assumia que o homem é um ser racional. Embora esse modelo tenha sido amplamente analisado em situações de decisão econômica, Simon (1955) percebeu evidências de que, no dia a dia, esse padrão tinha falhas, o que o levou a desenvolver um experimento em que analisava a racionalidade humana em uma tomada de decisão. Seus estudos concluíram que a racionalidade humana é limitada, o que implica que as escolhas do mundo ideal e do mundo real são discrepantes, logo, Simon

comprovou que os seres humanos sofrem influência dos comportamentos organizacionais nos quais estão inseridos. Seus estudos abriram caminho para que a análise comportamental fosse estudada nos métodos de tomada de decisão.

A partir do estudo de Simon (1955), começou-se a discutir a influência sob a decisão de aspectos mais subjetivos, abrindo margem para que estudos de decisão multicritério com abordagem comportamental fossem feitos, a fim de mensurar as relações biológicas frente às situações que são apresentadas para decisão. Os diferentes aspectos comportamentais que interferem no processo de tomada de decisão são estudados principalmente pela Psicologia Cognitiva e Neurociência, onde são analisadas as técnicas usadas para detecção dos sistemas neurais em decisão em tempo real (CESAR; CARNEIRO; GERONIMO, 2012).

O avanço da neurociência permitiu o aprimoramento dos modelos de tomada de decisão, a exemplo do estudo de Yoon et al. (2012). Os pesquisadores em questão moldaram teorias e modelos de tomada de decisão do consumidor a partir da neurociência, com a justificativa de que a neurociência considera aspectos fisiológicos como fome, estresse, influência social sobre escolha e preferências do consumidor. O estudo concluiu que a neurociência, apesar de ter alguns desafios a respeito de sua incorporação na pesquisa, produziu uma compreensão da tomada de decisão, levando ao desenvolvimento de formas mais eficazes de auxílio à decisão e intervenções.

Os estudos de Eagleman (2015) reafirmam a influência comportamental na tomada de decisão, ao concluir, por meio da neurociência, que as ações humanas são inconscientes, bem como as crenças e preconceitos, nos quais são movidas por redes cerebrais em que não temos acesso conscientemente. Além disso, foi perceptível com as suas pesquisas que a tomada de decisão está no cerne de como as pessoas percebem o mundo ao redor, e que, a depender do contexto vivenciado, a decisão será realizada por meio de heurísticas.

Entre as pesquisas já realizadas com neurociência e música, Gorn (1982) comprovou que a música possui o poder de influência na escolha de produtos por consumidores. Já Liebman et al. (2015) realizou um experimento no qual os participantes tinham que analisar se determinadas palavras tinham conotação positiva ou negativa enquanto escutavam músicas que induziam a um humor positivo ou negativo, e concluiu também que música consegue afetar suas escolhas, dessa forma, é possível relacionar que a música tem uma influência no inconsciente dos participantes do experimento durante o processo decisório.

No âmbito de neurociência, cálculo e música, Andrade (2020) avaliou atividades cerebrais do decisor no contexto de elicitación *tradeoff*, e quando submetido a realizar cálculos matemáticos e assistir diferentes clipes musicais. No seu estudo, verificou-se semelhanças entre

os procedimentos, concluindo que há correlação entre as diversas situações enfrentadas pelo decisor, portanto, há aspectos tanto de associação intuitiva, quanto de concentração ativa durante a elicitação. Apesar do resultado obtido, a autora afirma a necessidade de novas pesquisas na área, visto que parte da sua amostra de dados foi descartada por estarem com artefatos, impossibilitando o uso.

Ademais, Veloso, Costa e Silva (2021) analisaram o engajamento na tarefa dos decisores ao longo do procedimento *tradeoff*, estudando as ondas cerebrais com auxílio de um Encefalograma (EEG). Para tal, os autores utilizaram a Função Assimetria Frontal Alfa, usando a potência dos eletrodos F3, F4, F7 e F8, e concluíram que houve um baixo comprometimento dos sujeitos durante o procedimento de *tradeoff*, o que pode ser o motivo do alto índice de inconsistências e indicando a necessidade de melhoria no *design* do Sistema de Apoio à Decisão, bem como no direcionamento em relação ao processo.

Em outro estudo, os autores exploraram os aspectos cognitivos e comportamentais ao longo das etapas do procedimento de elicitação *tradeoff* ao comparar a atividade cerebral dos sujeitos quando submetidos a realizar operações matemáticas e quando visualizavam diferentes cliques musicais, por meio da análise de dados da função estatística do teste t para comparar as amostras par a par e do estudo da Função Shift. Como conclusão, Veloso, Costa e Silva (2021) relacionaram as atividades de cálculo e música com etapas do *tradeoff*, identificando que os decisores estavam se esforçando cognitivamente, no entanto, houve situações em que estavam em um estado de decisões mais automáticas, reafirmando as necessidades do estudo anterior, de melhorar o direcionamento do analista e do decisor, para que seja feita uma decisão mais consistente. Além disso, os autores recomendaram novos estudos na área, bem como a análise de novas métricas e uso de outros equipamentos.

Atualmente, algumas sociedades em que contribuem com os trabalhos mais relevantes acerca do estudo em neurociência, sendo as maiores a *Society for Neuroscience* e *Cognitive Neuroscience Society*, que são voltadas para a área da saúde, e para o tema de neurociência em decisão, tem-se a *Society for Neuroeconomics*, cujo enfoque é área econômica a partir das teorias clássicas com os aspectos comportamentais (ROSELLI, 2020).

Apesar disso, não há uma sociedade específica de neurociência aliada aos processos de decisões multicritério, dessa forma, os estudos dessa área são inseridos na *Society for Neuroeconomics*, e conseqüentemente, possuem menos investimentos em pesquisa, logo, há carência de estudos na área.

Portanto, o presente estudo se faz relevante ao inovar na busca da análise comportamental em um modelo de decisão multicritério, comparando áreas do cérebro no momento do *tradeoff*,

com o momento que o sujeito realiza um cálculo, no qual ativa reações ligadas ao Sistema 2 do cérebro, e com o momento em que assiste clipes musicais, que está vinculada, geralmente, à associação automática do Sistema 1.

### 2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

O presente capítulo abordou a base conceitual e a revisão da literatura no tocante aos assuntos relacionados a decisão multicritério e *tradeoff*, análises comportamentais, neurociência em decisão, ferramentas de neurociência e explorou os estudos de neurociência com cálculo e música, objeto do presente estudo.

Dando continuidade, o capítulo 3 elucidará os experimentos realizados em consonância com o objetivo da pesquisa, abordando a metodologia e a análise de dados utilizada.

### 3 EXPERIMENTO E ANÁLISE DE DADOS

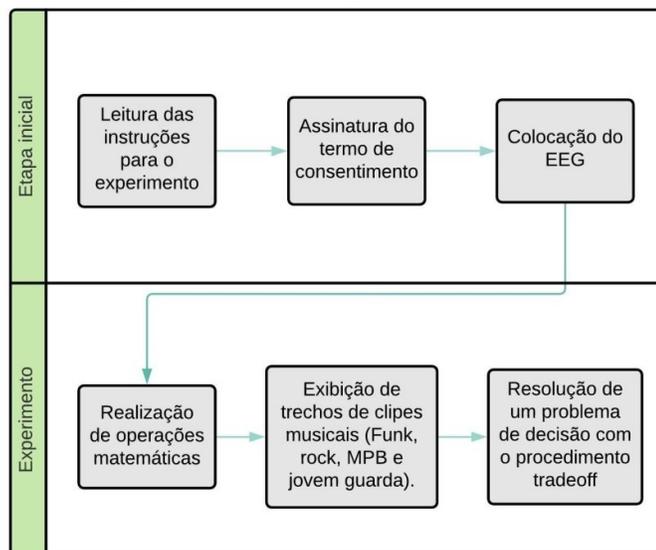
Este capítulo traz a descrição do experimento realizado nesse estudo e disserta acerca da análise de dados realizada, apresentando a metodologia geral utilizada.

#### 3.1 O EXPERIMENTO

Para a aplicação da pesquisa, fez-se necessário a aprovação do estudo pelo Comitê de Ética. O experimento foi composto por 78 alunos de graduação, mestrado e doutorado dos cursos de Engenharia de Produção e Administração da Universidade Federal do Pernambuco, que tinham entre 18 e 40 anos e não tiveram contato uns com os outros, para evitar interferências externas.

Conforme ilustrado na Figura 3, primeiramente os participantes faziam a leitura das instruções para o estudo, tiravam dúvidas e assinavam o termo de consentimento. Com o EEG posicionado adequadamente, os participantes realizavam 4 cálculos matemáticos na primeira parte do experimento, que aumentavam o grau de dificuldade a cada rodada: (1)  $7 \times 6 = ?$ , (2)  $42 + 92 - 2 = ?$ , (3)  $(7 \times 4) + (24 / 2) + 16 = ?$ , (4)  $30 - 15 + (3 / 2) \times (5 - 1) = ?$ . Posteriormente, assistiam 4 trechos de vídeo clipes musicais, (1) Show das poderosas – Anitta, (2) Tempo perdido – Legião Urbana, (3) Velha infância – Tribalistas, (4) Como é grande o meu amor por você - Roberto Carlos, e associavam às músicas correspondentes. Por último, na terceira etapa do experimento, os alunos resolveram um problema de decisão desenvolvido por cada um, usando o procedimento de eliciações *tradeoffs*, em que, caso houvesse inconsistência na resposta, eram oferecidos três cursos de ação: (1) repetir o procedimento de eliciação, (2) aceitar as inconsistências ou (3) adotar a sugestão do software. O detalhamento do experimento está descrito no Anexo A.

Figura 3 – Procedimento para a coleta de dados



Fonte: A autora, 2022.

O software do *tradeoff* consistia em quatro etapas, podendo ter uma etapa adicional caso houvesse alguma inconsistência no processo. As etapas do procedimento estão descritas no Quadro 4.

Quadro 4– Etapas do Tradeoff

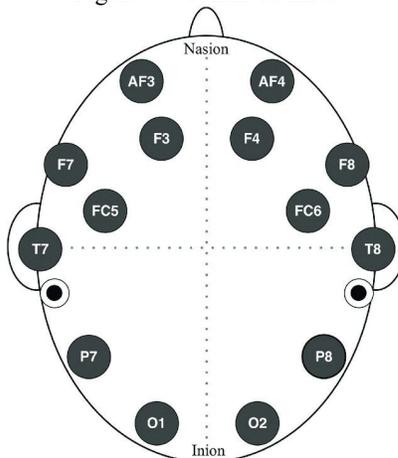
ETAPAS DO TRADEOFF	
1.	Bisseção
2.	Ordenação
3.	Exploração do espaço consequência
4.	Obtenção das constantes de escala
5.	Avaliação das inconsistências
6.	Pesquisa de Satisfação

Fonte: Andrade 2020

Ao final, o *software* do *tradeoff* apresentava uma tabela com a ordem de preferência do participante, obtida a partir de todo o processo de elicitacão, e por fim, os participantes respondiam uma pesquisa de satisfação.

Para o estudo de caso, o instrumento de coleta de dados utilizado foi o *EmotivEpoC* (Eletroencefalograma - EEG) de 14 canais, conforme ilustrado na Figura 4, no qual tem o objetivo de extrair dados neurológicos, por meio de gravações das ondas cerebrais.

Figura 4 – Canais do EEG



Fonte: Jayarathne et al. 2020

Após o procedimento de limpeza de dados, a amostra de dados utilizada no presente trabalho foi de 35 participantes.

### 3.2 ANÁLISES DE DADOS

Durante o *tradeoff*, espera-se que o decisor analise com cautela as etapas mais complexas, visto que exigem maior esforço mental, no entanto, sabe-se que ele pode mudar de opinião no decorrer do processo, devido às questões mais subjetivas, além de ser possível entrar em estado mental automático, devido à extensão do procedimento, podendo gerar inconsistências.

Ademais, acredita-se que, ao efetuar uma operação matemática, também haja um nível de atenção elevado, o que gera um esforço cognitivo alto, ativando o Sistema 2 do cérebro. Por outro lado, as músicas populares podem ser facilmente reconhecidas, o que gera um estado de associação intuitiva cerebral, relacionadas ao Sistema 1.

Portanto, acredita-se que, com a presente pesquisa, sejam encontradas as relações entre as etapas do método de elicitação *tradeoff* com os níveis de dificuldade dos cálculos, bem como níveis de escolhas intuitivas com a preferência musical de cada participante, de modo que sejam compreendidos os fatores cognitivos e comportamentais que afetam o processo de apoio à decisão com o *tradeoff*.

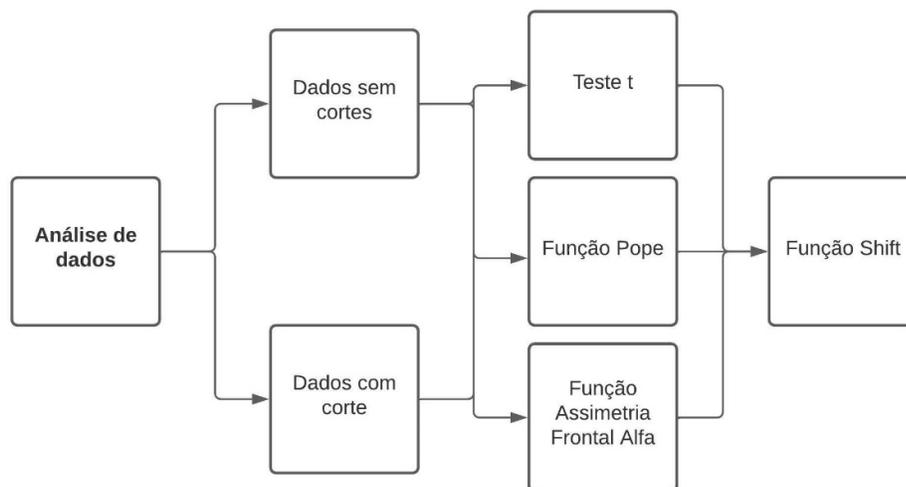
Dessa forma, foram utilizados testes estatísticos e funções de engajamento para identificar quais etapas do *tradeoff* podem ser associadas ao estado mental de atenção focada e quais etapas sugerem um estado automático mental.

Para a análise de dados foram consideradas as quatro etapas principais do *tradeoff* – bisseção, ordenação, exploração do espaço consequência e obtenção das constantes de escala – e comparadas inicialmente com os dados de cálculo e música sem cortes na gravação, ou seja, foram considerados todos os cálculos juntos, em um bloco fechado e todas as etapas musicais juntas. Posteriormente, foram comparadas as etapas do *tradeoff* com a gravação com cortes, no qual foram extraídos apenas o cálculo mais fácil (o primeiro), o cálculo mais difícil (o quarto) e a música que os participantes escolheram como sua preferida. Na primeira etapa da análise, foram extraídos dados da amostra de 35 participantes.

O registro da gravação do EEG acontece por meio *software OpenVibe Writer*, enquanto que o pré-processamento é realizado no EEGLAB, uma ferramenta do software MATLAB. No EEGLAB, os artefatos oriundos de movimentos da cabeça, movimentos oculares, piscadas e interferências do ambiente são corrigidos por meio de uma série de passos: (1) Localizar os canais, seguindo o padrão de localização internacional 10/20, (2) Inserir os eventos, (3) Fazer o re-referenciamento, (4) Filtrar os dados, (5) Extrair manualmente os artefatos, (6) Extrair os *epochs* e remover a *baseline*, (7) Executar o ICA, (8) Analisar ativação dos componentes, (9) Identificar canais ruins e executar o SASICA, (10) Remover os componentes ruidosos, e, por último, (11) Remover partes ruins dos componentes.

Após isso, os dados foram exportados utilizando a ferramenta do MATLAB *darbeliai*, para uma planilha do *software Microsoft Excel* para serem explorados. As análises realizadas a partir desses dados foram a Função Estatística do Teste T, Função Shift, Função Assimetria Frontal Alfa e Função Pope, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 – Funções utilizadas para a análise de dados



Fonte: A autora, 2022.

Os detalhes dessas análises foram explorados nas seções 3.2.1.

### 3.2.1 Análise estatística teste t e Função *shift*

Em função do tamanho da amostra e o propósito do trabalho, a análise estatística dados considerou medidas de média, por meio do teste t para amostras independentes, no qual foram calculadas com auxílio do *software* estatístico R.

Nessa etapa, analisou-se dados da onda teta. A onda teta é caracterizada por atividade de baixa frequência (4-8 Hz) tipicamente associada à estado de sono específico, nessa etapa, analisou-se dados da onda teta. A onda teta é caracterizada por atividade de baixa frequência (4-8 Hz) tipicamente associada a estado de sono específico, meditação e sonolência, no entanto, o estudo de teta da linha média frontal está relacionado ao esforço mental, o que sugere atenção focada em um estímulo disponível, sendo o foco inicial do presente estudo (MULLHER-PUTZ et al., 2015). Portanto, foram comparadas as etapas do *tradeoff* com os dados de cálculo e música para cada um dos 8 canais frontais do EEG (AF3, AF4, F3, F4, F7, F8, FC5 e FC6) na banda teta.

Para a análise estatística, os dados extraídos do MATLAB passam pela transformação logarítmica na base 10 sobre os valores de potência ( $\mu V^2$ ), e filtra-se na planilha as bandas de potência de interesse e os canais que serão estudados.

Além disso, devido à natureza das análises de neurociência, no qual é difícil estabelecer um padrão, visto que cada pessoa é única, complementou-se os testes estatísticos com a Função *Shift*.

A Função *Shift* adota gráficos detalhados, combinados com estatísticas inferenciais robustas, que entendem como um grupo de observações se diferem, fornecendo perspectivas complementares sobre os dados, obtendo uma compreensão mais profunda e mais precisa das observações, além de possui um caráter inovador no âmbito da neurociência e decisão (ROUSSELET; WILCOX, 2016).

Para as análises, inicialmente comparou-se os dados do *tradeoff* com dados de cálculo e música como blocos fechados sem cortes, ou seja, para os dados de cálculo, foram analisados os dados desde o primeiro cálculo efetuado, até o último, como um único elemento, e o mesmo para música, no qual utilizou-se os dados da visualização de todos os 4 clipes musicais de forma conjunta. Portanto, as amostras testadas no R foram dos dados da bisseção com os dados de cálculo, bisseção com música, ordenação com cálculo, ordenação com música, exploração do espaço consequência com cálculo, exploração do espaço consequência com música, obtenção das constantes de escala com cálculo e obtenção das constantes de escala com música, para cada um dos 8 canais frontais.

Também foram realizadas análises com cortes, no qual, para essa etapa, foram comparadas as etapas do *tradeoff* com o cálculo mais fácil, o cálculo mais difícil e a música preferida dos participantes. Apesar da análise sem cortes ser sugestiva, percebeu-se a importância de comparar os dados separadamente a fim de compreender se há interferência do grau de dificuldade dos cálculos e do gosto musical dos participantes no resultado obtido.

Em seguida, para compreender melhor o engajamento do decisor no procedimento de elicitação *tradeoff*, estudou-se a Função Assimetria Frontal Alfa e a Função Pope.

### 3.2.2 Função Assimetria Frontal Alfa

A Função Assimetria Frontal Alfa é uma medida de engajamento e concentração na tarefa que examina como a assimetria alfa frontal nas localizações medial (F3-F4) e frontal lateral (F7-F8) do couro cabeludo pode explicar as variáveis relacionadas a comportamentos ligados à emoção e orientados para a abordagem / retraimento (MORIDIS, 2018).

Dessa forma, para o presente estudo, calculou-se o índice de engajamento por meio da subtração da potência espectral de F4 em F3 e da potência espectral de F8 em F7, conforme demonstrado nas fórmulas (2) e (3).

*Potência espectral em F4 – Potência espectral em F3 (2);*

*Potência espectral em F8 – Potência espectral em F7 (3).*

Por conseguinte, procurou-se compreender o engajamento cognitivo dos participantes por meio da Função Pope, que será apresentada na seção 3.2.3.

### 3.2.3 Função Pope

A Função Pope foi desenvolvida por Pope et al. (1995), no qual registra e processa a atividade cerebral a fim de calcular o índice de engajamento, como uma medida de carga cognitiva, por meio da fórmula (4).

$$\text{Índice de engajamento Pope} = \frac{\Sigma \beta \text{ power}}{\Sigma \alpha \text{ power} + \Sigma \theta \text{ power}} \quad (4)$$

Os valores do índice de engajamento foram usados como o método para determinar a carga cognitiva do participante durante a atividade, visto que há uma relação direta entre o índice de engajamento e a carga cognitiva experimentada pelo participante.

A partir do índice de engajamento desenvolvido por Pope et al. (1995), diversos autores passaram a adotar a fórmula de beta/alfa + teta para calcular o engajamento em tempo real de uma determinada atividade. A exemplo, Coyne et al. (2009) discutem como os campos da cognição aumentada e da neuroergonomia podem ser expandidos para treinamento, no qual utilizaram o índice de Pope para calcular o engajamento em tempo real da execução de uma atividade, calculando uma média de execução em uma janela de 20 segundos.

Já Calvert (2019), utilizou o índice de engajamento para compreender como os alunos de química orgânica aprendem e processam informações para auxiliar no desenvolvimento de modelagem física que facilitam a aprendizagem. No seu estudo a referência média comum foi usada para isolar a atividade cerebral e foram explorados os eletrodos Cz, P3, Pz e P4, sem o uso de janela de tempo, calculando o índice de engajamento como um bloco fechado, para cada pergunta do questionário.

Ademais, Demazure et al. (2019) criaram uma nova interface de computador cérebro passivo, projetada para modular o nível de atenção sustentada de um usuário em um contexto de sistema de informação ecologicamente válido (SI) e criar um ciclo de feedback neurofisiológico fechado que adapta elementos de uma interface dinâmica de usuário de acordo

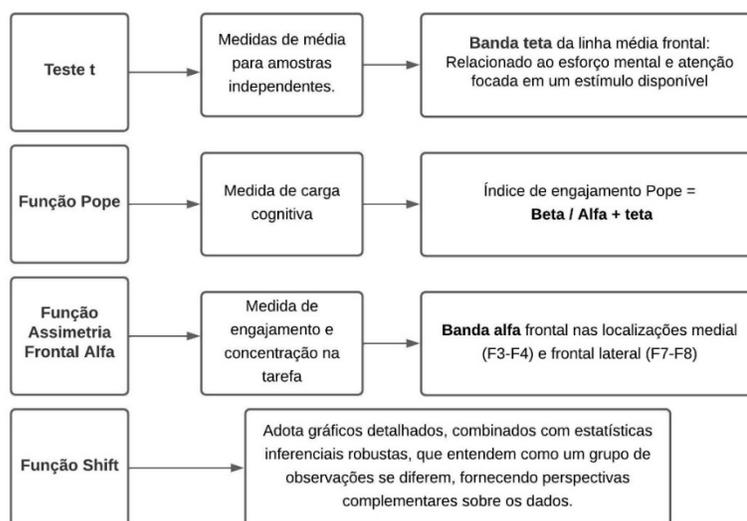
com ao nível de atenção sustentada do usuário. Portanto, foram utilizadas janelas de tempo para fornecer o engajamento em tempo real, explorando os canais F3, F4, O1 e O2.

Pope et al. (1995) utilizou em sua pesquisa um EEG de 32 canais, onde foram somado os dados da potência absoluta dos canais Cz, T5, P3, Pz, P4, O1 e O2, no entanto, por cada EEG ter suas particularidades, como canais e tamanhos diferentes, as métricas utilizadas podem ser adaptadas para a realidade de cada pesquisa. O presente estudo utilizou um EEG de 14 canais para a coleta de dados, desse modo, seguiu-se os canais propostos por Demazure et al. (2019), Charland et al. (2015) e Mikulka et al. (2002), no qual analisaram a potência absoluta de dois canais frontais (F3 e F4) e dois canais occipitais (O1 e O2), agregando-os por meio de uma soma.

### 3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

O capítulo atual descreveu o experimento realizado, no qual foram coletadas amostras de estudantes da Universidade Federal do Pernambuco em que realizavam testes relacionadas a um problema multicritério, operações matemáticas e associações musicais. Com os dados extraídos, foram analisadas a Função Estatística do Teste T, Função Shift, Função Assimetria Frontal Alfa e Função Pope, descritas na Figura 6.

Figura 6 – Resumo das funções utilizadas



Fonte: A autora, 2021.

O capítulo 4 irá descrever e detalhar os resultados das análises propostas, bem como delinear os insights extraídos.

## 4 RESULTADOS E INSIGHTS

O capítulo 4 apresenta e discute os resultados e, por fim, conclui com os insights e recomendações acerca do método *tradeoff*.

### 4.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA TESTE T E FUNÇÃO *SHIFT*

#### 4.1.1 Análise sem cortes

Para realizar a análise estatística do teste t, inicialmente, com as amostras sem cortes, comparou-se os dados de cálculo e música para cada uma das quatro etapas do *tradeoff*, conforme exemplificado no Quadro 5.

Quadro 5 – Demonstração da comparação das amostras

BANDA TETA - CANAL AF3

USUÁRIO	CÁLCULO	BISSEÇÃO	USUÁRIO	CÁLCULO	ORDENAÇÃO
1	0,328	-0,011	1	0,328	-0,011
2	1,713	0,648	2	1,713	0,648
3	0,690	1,195	3	0,690	1,195
...	...	...	...	...	...
35	0,145	-0,157	35	0,145	-0,157

USUÁRIO	CÁLCULO	EXPLORAÇÃO	USUÁRIO	CÁLCULO	OBTENÇÃO C. E.
1	0,328	-0,011	1	0,328	-0,011
2	1,713	0,648	2	1,713	0,648
3	0,690	1,195	3	0,690	1,195
...	...	...	...	...	...
35	0,145	-0,157	35	0,145	-0,157

USUÁRIO	MÚSICA	BISSEÇÃO	USUÁRIO	MÚSICA	ORDENAÇÃO
1	0,328	-0,011	1	0,328	-0,011
2	1,713	0,648	2	1,713	0,648
3	0,690	1,195	3	0,690	1,195
...	...	...	...	...	...
35	0,145	-0,157	35	0,145	-0,157

USUÁRIO	MÚSICA	EXPLORAÇÃO	USUÁRIO	MÚSICA	OBTENÇÃO C. E.
1	0,328	-0,011	1	0,328	-0,011
2	1,713	0,648	2	1,713	0,648
3	0,690	1,195	3	0,690	1,195
...	...	...	...	...	...
35	0,145	-0,157	35	0,145	-0,157

Fonte: A autora, 2022.

Por conseguinte, fez-se a comparação apresentada no Quadro 5 para todos os canais frontais.

A hipótese nula do problema é que as amostras são iguais, ou seja, caso o p-valor entre a comparação das duas amostras for maior que 5%, não se rejeita a hipótese nula. O resultado do p-valor é apresentado no Quadro 6.

Quadro 6 – Resultado do p-valor no teste t

<b>P-VALOR</b>						
<b>BISSEÇÃO</b>	<b>AF3</b>	<b>AF4</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F7</b>	<b>F8</b>
CÁLCULO	0,1472	0,9414	0,04436	0,8249	0,8707	0,9764
MÚSICA	0,2611	0,8517	0,2502	0,9141	0,6012	0,9199

<b>ORDENAÇÃO</b>	<b>AF3</b>	<b>AF4</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F7</b>	<b>F8</b>
CALCULO	5,86E-02	1,76E-06	0,00048	0,0002	3,62E-03	8,33E-02
MUSICA	0,00171	1,02E-06	0,00336	0,00015	0,0004	1,47E-02

<b>EXPLORAÇÃO</b>	<b>AF3</b>	<b>AF4</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F7</b>	<b>F8</b>
CALCULO	0,00016	0,00021	4,11E-02	0,004	0,00079	0,0001
MUSICA	0,00272	0,00014	0,00078	0,00392	0,0028	0,00015

<b>OBTENÇÃO DAS C.E.</b>	<b>AF3</b>	<b>AF4</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F7</b>	<b>F8</b>
CALCULO	0,00253	0,00377	0,0001	0,2165	0,00627	0,00306
MUSICA	0,0184	0,00109	0,0034	0,1641	0,01892	0,00307

Fonte: A autora, 2022.

Para facilitar a interpretação, o Quadro 7 destaca quais valor possuem o p-valor maior que 0,05 (5%), indicando que as amostras são iguais.

Quadro 7 – Demonstrativo do p-valor no teste t

BISSEÇÃO	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8
CÁLCULO	p > 0,05	p > 0,05	p < 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
MÚSICA	p > 0,05					
ORDENAÇÃO	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8
CÁLCULO	p > 0,05	p < 0,05				
MÚSICA	p < 0,05					
EXPLORAÇÃO	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8
CÁLCULO	p < 0,05					
MÚSICA	p < 0,05					
OBTENÇÃO DAS C. E.	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8
	T TEST					
CÁLCULO	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p > 0,05	p < 0,05	p < 0,05
MÚSICA	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p > 0,05	p < 0,05	p < 0,05

Fonte: A autora, 2022.

Conforme analisado no Quadro 6 e 7, o resultado do teste t sugere que a etapa da Bisseção do *Tradeoff* se assemelha tanto à cálculo quanto à música, e as demais etapas - ordenação, exploração e ordenação das constantes de escala - diferem tanto de cálculo, quanto de música.

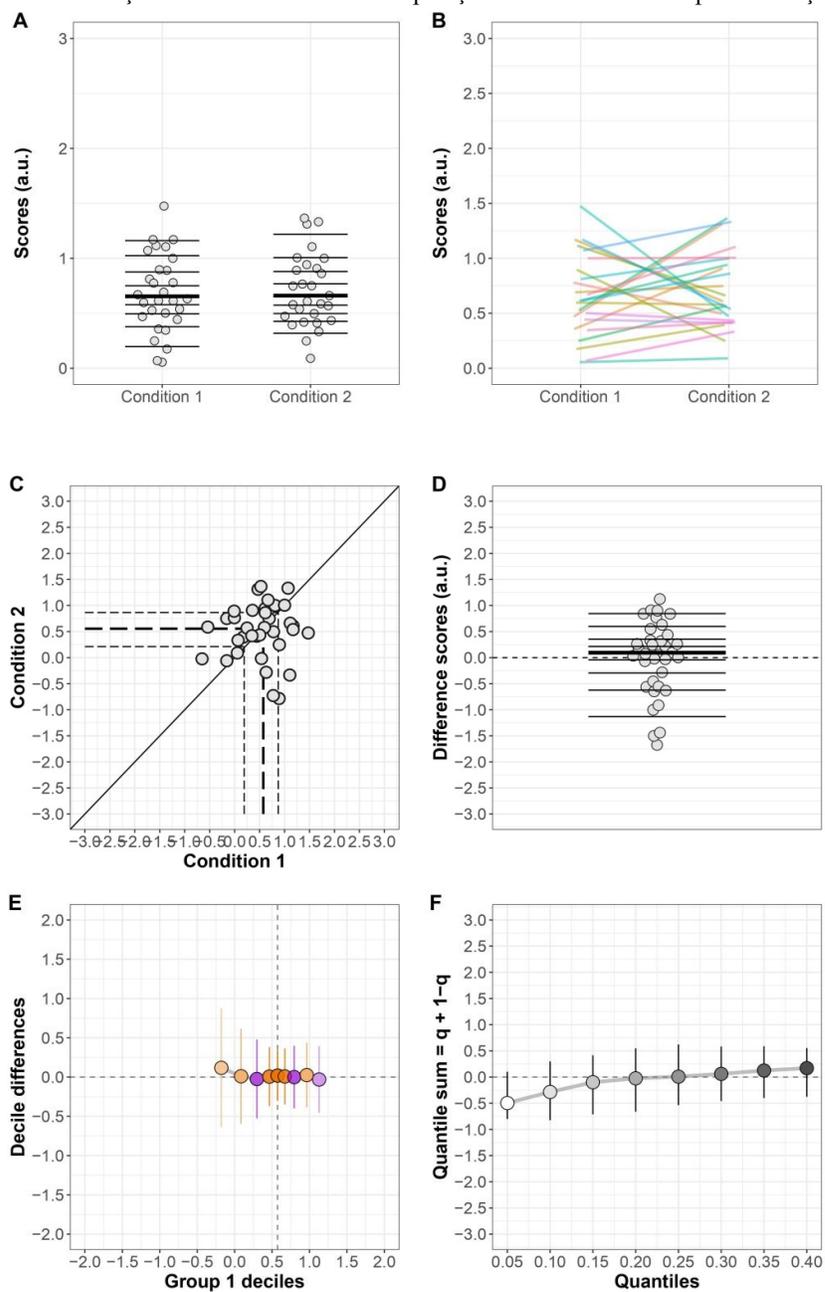
Esses resultados indicam que a etapa da bisseção exige mais concentração, atenção focada e raciocínio, bem como emoções e ações involuntárias. Essas reações podem ser justificadas pelo fato da bisseção ser a etapa do *Tradeoff* mais complexa e extensa, exigindo mais esforço cognitivo do participante, que, em alguns casos, inicia o procedimento com bastante atenção – semelhante a efetuar um cálculo matemático -, mas devido ao cansaço intelectual, termina operando de forma automática e intuitiva – semelhante a ouvir uma música.

No entanto, para uma análise mais robusta, complementou-se o resultado do teste t utilizando a Função Shift (ROUSSELET; WILCOX, 2016; ROUSSELET; WILCOX, 2017), utilizando os mesmos dados do Quadro 5. Nessa etapa, foram gerados seis painéis para cada comparação para a par, que auxiliam a fazer inferências mais robustas e intuitivas acerca dos dados, conforme demonstrados na Figura 7.

O painel A faz uma comparação das distribuições marginais, representadas por gráficos de tira, nos quais linhas horizontais marcam os decis, e a linha mais grossa o mediano. B e C mostram como as observações estão relacionadas entre as condições, onde no painel B são ilustradas as linhas que unem observações emparelhadas, no qual a dispersão foi introduzida ao longo do eixo x para revelar observações sobrepostas, e no painel C tem-se ao gráfico de

dispersão de observações. D corresponde ao gráfico de faixas de pontuações de diferença, onde linhas horizontais marcam os decis, com uma linha mais espessa para a mediana. Painel E representa a função Shift com intervalos de confiança de 95%. E, por fim, o painel F ilustra a Função de assimetria de diferença com intervalos de confiança de 95%.

Figura 7 – Painéis da Função Shift no canal F7 na comparação entre cálculo e a etapa da bisseção do Tradeoff



Fonte: A autora, 2022.

As amostras da Figura 7 são iguais, visto que no painel A, há similaridade entre a mediana, decis e disposição dos usuários, representado por cada bolinha, no qual, quanto mais parecidos forem nas condições 1 e 2, maior o indício de que as amostras são iguais. Além disso, no painel B, não é perceptível um padrão de comportamento entre as linhas da condição 1 para 2, permanecendo de forma mais linear, assim como no painel C, no qual os usuários (bolinhas) não apresentaram padrões de crescimento no eixo entre as condições, ficando majoritariamente concentradas próximas a zero. No painel D, a mediana está próxima a zero e as caudas distribuídas proporcionalmente entre scores negativos e positivos, comprovando a semelhança entre elas. Enfim, nos painéis E e F, para as amostras serem iguais, elas devem apresentar o máximo de linearidade e estarem próximas a zero, reiterando a interpretação dos dados. Essa análise foi feita para cada uma das 64 figuras obtidas na comparação par a par das amostras. O resultado da análise dessa função está apresentado no Quadro 8.

Quadro 8 – Resultado da Função Shift nos canais frontais da banda teta

	CANAIS IGUAIS			
	BISSEÇÃO	ORDENAÇÃO	EXPLORAÇÃO	C.E.
<b>CÁLCULO</b>	F3 F4 F7 F8 FC5 FC6	-	-	-
<b>MÚSICA</b>	AF3 AF4	-	-	AF3 F4

Fonte: A autora, 2022.

A conclusão dessa etapa reafirma o resultado do teste t, no qual as amostras de cálculo e música são semelhantes à etapa da Bisseção do *Tradeoff*. Além dessa constatação, com a Função Shift, foi possível identificar por meio da comparação entre as figuras geradas nas etapas de cálculo e música, que a etapa da Bisseção se assemelha a cálculo em seis canais (F3, F4, F7, F8, FC5 e FC6) e a música em 2 canais (AF3 e AF4), indicando que os esforços cognitivos necessários para realizar a etapa da Bisseção no *Tradeoff* são mais similares ao de efetuar um cálculo matemático.

Por fim, foi percebido também que a etapa da obtenção das constantes de escala do *Tradeoff* tem semelhanças com a etapa de música do experimento, apontando que os usuários estariam operando de forma automática, com pouco esforço cognitivo, provavelmente devido à extensão do procedimento, no qual o cansaço sobressai na etapa final.

#### 4.1.2 Análise com cortes

Nessa etapa, foram comparadas as etapas do *tradeoff* com o cálculo mais fácil, o cálculo mais difícil e a música preferida dos participantes. Apesar da análise sem cortes ser

sugestiva, percebeu-se a importância de comparar os dados separadamente a fim de compreender se há interferência do grau de dificuldade dos cálculos e do gosto musical dos participantes no resultado obtido. A apuração está descrita no Quadro 9.

Quadro 9 – Resultado do p-valor no teste t com cortes

<b>BISSEÇÃO</b>	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	
CÁLCULO 1	0,006894	0,1836	0,001702	0,2332	0,143	0,578	0,04675	0,08725	
CÁLCULO 4	0,02465	0,6282	0,02601	0,6638	0,4373	0,5836	0,2027	0,163	
MÚSICA	0,06214	0,3988	0,03476	0,4144	0,6286	0,6607	0,08898	0,01432	
<b>ORDENAÇÃO</b>	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	
CÁLCULO 1	0,0264	0,000147	0,0367	0,0156	0,000152	0,0143	0,000178	9,03E-05	
CÁLCULO 4	3,92E-05	0,0012	0,000678	0,00017	0,000196	0,0423	0,000294	0,00486	
MÚSICA	0,000643	0,000158	0,000498	0,00566	0,0271	0,00564	8,02E-05	0,000337	
<b>EXPLORAÇÃO</b>	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	
CÁLCULO 1	0,0323	0,0195	0,00187	0,0757	3,76E-05	0,00478	0,011	0,000322	
CÁLCULO 4	7,21E-05	0,000139	0,0675	0,005034	0,00015	0,0496	2,84E-05	0,0332	
MÚSICA	0,001492	0,0349	0,079	0,000181	0,000292	0,0484	7,41E-06	0,000195	
<b>OBTENÇÃO DAS C.E.</b>	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	
CÁLCULO 1	0,000303	0,000175	0,00237	0,02735	0,000187	0,000335	0,000205	0,0625	
CÁLCULO 4	0,001492	0,002354	0,00017	0,1531	0,001544	0,001221	0,002232	0,000597	
MÚSICA	0,004541	0,0993	0,000458	0,02472	0,001404	0,002783	0,00054	1,14E-05	
<b>BISSEÇÃO</b>	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	
CÁLCULO 1	p < 0,05	p > 0,05	p < 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p < 0,05	p > 0,05	<b>5 canais iguais</b>
CÁLCULO 4	p < 0,05	p > 0,05	p < 0,05	p > 0,05	<b>6 canais iguais</b>				
MÚSICA	p > 0,05	p > 0,05	p < 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p < 0,05	<b>6 canais iguais</b>
<b>ORDENAÇÃO</b>	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	
CÁLCULO 1	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	<b>Nenhum canal igual</b>
CÁLCULO 4	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	<b>Nenhum canal igual</b>
MÚSICA	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	<b>Nenhum canal igual</b>
<b>EXPLORAÇÃO</b>	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	
CÁLCULO 1	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p > 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	<b>1 canal igual</b>
CÁLCULO 4	p < 0,05	p < 0,05	p > 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	<b>1 canal igual</b>
MÚSICA	p < 0,05	p < 0,05	p > 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p > 0,05	p < 0,05	<b>1 canal igual</b>
<b>OBTENÇÃO DAS C.E.</b>	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	
CÁLCULO 1	p < 0,05	p > 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p > 0,05	<b>1 canal igual</b>
CÁLCULO 4	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p > 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	<b>1 canal igual</b>
MÚSICA	p < 0,05	p > 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p > 0,05	p < 0,05	<b>1 canal igual</b>

Fonte: A autora, 2022.

Conforme percebido no Quadro 9, o resultado do teste t sugere que a etapa da Bissecção do *Tradeoff* se assemelha ao cálculo 1 (mais fácil), cálculo 4 (mais difícil), e música preferida

dos participantes, já as demais etapas - ordenação, exploração e ordenação das constantes de escala - diferem tanto dos cálculos, quanto da música.

Para uma interpretação mais assertiva, também utilizou-se a Função *Shift*, no qual o resultado está demonstrada no Quadro 10.

Quadro 10 – Resultado da Função Shift com cortes  
**FUNÇÃO SHIFT - CANAIS IGUAIS**

**BISSEÇÃO**

CÁLCULO 1	CÁLCULO 4	MÚSICA
F4 e F8	AF4 , F4, F7, FC5 e FC6	AF3 e F8

**ORDENAÇÃO**

CÁLCULO 1	CÁLCULO 4	MÚSICA
-	-	-

**EXPLORAÇÃO**

CÁLCULO 1	CÁLCULO 4	MÚSICA
-	-	-

**OBTENÇÃO DAS CONSTANTES DE ESCALA**

CÁLCULO 1	CÁLCULO 4	MÚSICA
-	-	-

Fonte: A autora, 2022.

Assim como a análise sem cortes da seção 3.2.1.1, a Função Shift reafirma a análise estatística, no qual sugere-se que a etapa da bisseção se assemelha tanto ao cálculo mais fácil, quanto ao mais difícil e a música preferida, e as etapas da ordenação, exploração e obtenção das constantes de escala se diferem com cálculo e música, no entanto, enfatiza que a semelhança maior da bisseção ocorre com o cálculo mais difícil, indicando que a etapa inicial do *tradeoff* exige um esforço cognitivo tanto quanto ao efetuar um cálculo mais complexo.

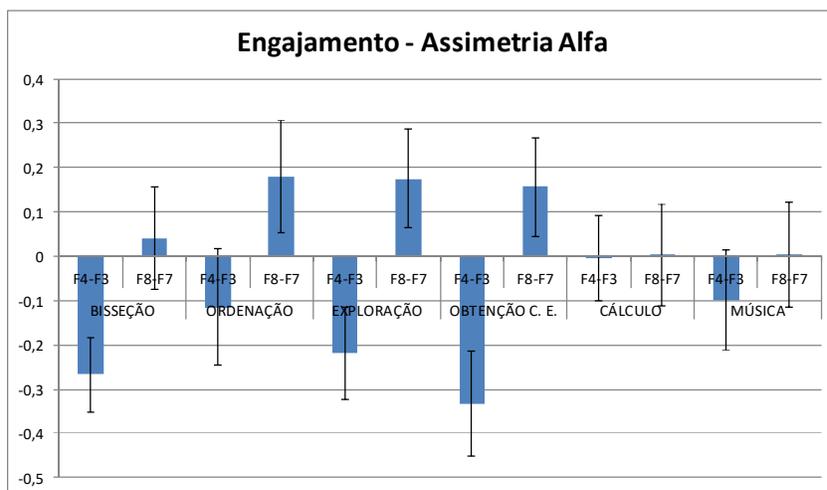
## 4.2 FUNÇÃO ASSIMETRIA FRONTAL ALFA

### 4.2.1 Análise sem cortes

A diferença da frequência alfa no córtex frontal está relacionada às percepções positivas versus negativas do indivíduo e da motivação em relação aos estímulos (MORIDIS, 2018). As pontuações de assimetria EEG frontal associadas às localizações medial (F3-F4) e frontal lateral (F7-F8) do couro cabeludo, foram calculadas para banda alfa seguindo a metodologia. O resultado é ilustrado na Figura 8.

Figura 8 – Resultado da Função Assimetria Frontal Alfa sem cortes

	BISSEÇÃO		ORDENAÇÃO		EXPLORAÇÃO		OBTENÇÃO C. E.		CÁLCULO		MÚSICA	
	F4-F3	F8-F7	F4-F3	F8-F7	F4-F3	F8-F7	F4-F3	F8-F7	F4-F3	F8-F7	F4-F3	F8-F7
MÉDIA	-0,26774	0,039971	-0,1146	0,179257	-0,21989	0,174914	-0,33303	0,157077	-0,00476	0,001575	-0,09986	0,003846
DESVIO PADRÃO	0,49479	0,688751	0,781635	0,750663	0,62136	0,663247	0,698385	0,657538	0,566217	0,676337	0,666847	0,705129
ERRO PADRÃO	0,083635	0,11642	0,132121	0,126885	0,105029	0,112109	0,118049	0,111144	0,095708	0,114322	0,112718	0,119188



Fonte: A autora, 2022.

Segundo Moridis (2018), quanto mais o córtex frontal esquerdo (F3-F4) for ativado, mais a experiência do sistema é lúdica, útil e fácil de usar, além disso, as evidências em sua pesquisa sugerem que o nível mais alto de atividade pré frontal lateralizada (F7-F8), está relacionada a raiva relatada pelos participantes do experimento.

Conforme demonstrado, para as quatro etapas do *Tradeoff* e para música, o engajamento foi negativo para os pares de canais mediais F3 e F4. Já para os canais laterais F7 e F8 têm-se um engajamento positivo no *Tradeoff*. Música não apresenta engajamento significativo nesses canais e cálculo não teve engajamento significativo em nenhum par de canal.

Esse resultado sugere que o procedimento do *tradeoff* não é lúdico e fácil, devido aos índices negativos nos canais mediais, além de estar relacionado a um possível desconforto dos participantes devido ao índice positivo em F7 e F8.

Posteriormente, fez-se a análise estatística do teste t para verificar a semelhança entre as amostras e o resultado é apresentado no Quadro 11.

Quadro 11 – Resultado do teste t para Função Assimetria Frontal Alfa

	BISSEÇÃO		ORDENAÇÃO		EXPLORAÇÃO		OBTENÇÃO C.E.	
	F4-F3	F8-F7	F4-F3	F8-F7	F4-F3	F8-F7	F4-F3	F8-F7
CÁLCULO	0,02703	0,829	0,4455	0,2711	0,07463	0,3112	0,02401	0,2942
MÚSICA	0,2365	0,8129	0,9319	0,2689	0,4099	0,2996	0,07273	0,2689

	BISSEÇÃO		ORDENAÇÃO		EXPLORAÇÃO		OBTENÇÃO C.E.	
	F4-F3	F8-F7	F4-F3	F8-F7	F4-F3	F8-F7	F4-F3	F8-F7
CÁLCULO	p < 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p < 0,05	p > 0,05
MÚSICA	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05

Fonte: A autora, 2022.

A análise estatística sugere semelhança de cálculo com todas as etapas do *tradeoff* nos canais F8 e F7 e semelhança de cálculo com a etapa de ordenação e exploração nos pares F4 e F3. Além disso, música se assemelhou a todas as etapas do *tradeoff* para todos os pares de canais. Para uma análise mais robusta, utilizou-se a Função Shift, no qual o resultado está descrito no Quadro 12.

Quadro 12 – Resultado do Função Shift para Função Assimetria Frontal Alfa

SHIFT	BISSEÇÃO	ORDENAÇÃO	EXPLORAÇÃO	OBTENÇÃO C.E.
F4-F3	MÚSICA	MÚSICA	MÚSICA	MÚSICA
F8-F7	MÚSICA	MÚSICA	MÚSICA	MÚSICA

Fonte: A autora, 2022.

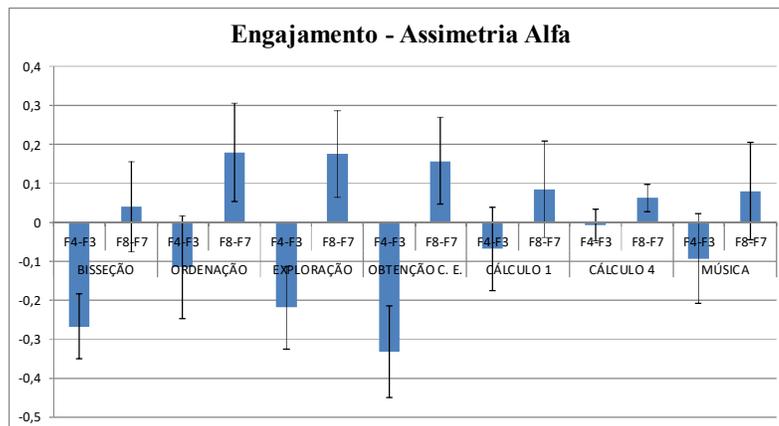
Segundo o Quadro 10, a etapa de música foi a que teve maior proximidade às etapas do *tradeoff*, indicando um estado automático mental durante a elicitação.

#### 4.2.2 Análise com cortes

Na análise com cortes, repetiu-se o procedimento descrito na seção 3.2.2.1, no entanto os dados analisados foram as 4 etapas do *tradeoff*, o cálculo mais fácil, o cálculo mais difícil e a música preferida dos participantes. O resultado está demonstrado no Figura 9.

Figura 9 – Resultado da Função Assimetria Frontal Alfa com cortes

	BISSEÇÃO		ORDENAÇÃO		EXPLORAÇÃO		OBTENÇÃO C. E.		CÁLCULO 1		CÁLCULO 4		MÚSICA	
	F4-F3	F8-F7	F4-F3	F8-F7	F4-F3	F8-F7	F4-F3	F8-F7	F4-F3	F8-F7	F4-F3	F8-F7	F4-F3	F8-F7
MÉDIA	-0,26774	0,039971	-0,1146	0,179257	-0,21989	0,174914	-0,33303	0,157077	-0,06822	0,084121	-0,00689	0,062243	-0,09269	0,0797
DESVIO PADRÃO	0,49479	0,688751	0,781635	0,750663	0,62136	0,663247	0,698385	0,657538	0,612931	0,710427	0,22431	0,200346	0,673465	0,727977
QUANT USUÁRIOS	35	35	35	35	35	35	35	35	33	33	32	32	34	34
ERRO PADRÃO	0,083635	0,11642	0,132121	0,126885	0,105029	0,112109	0,118049	0,111144	0,106698	0,123669	0,039653	0,035417	0,115498	0,124847



Fonte: A autora, 2022.

Percebe-se na Figura 9 que o índice foi negativo para todas as etapas nos pares de canais frontais F4 e F3, e positivo em todas as etapas dos canais laterais F7 e F8. Diferentemente da seção 3.2.2.1, no qual cálculo não apresentou índices de engajamento e música teve um leve engajamento negativo em F3-F4, nessa seção, o cálculo 1 – mais fácil – teve um leve índice negativo em F3-F4, um leve índice positivo em F8-F7, cálculo 4 – mais difícil – praticamente não apresentou índice em F4-F3 e foi levemente positivo em F8-F7 e a música preferida dos participantes também teve índices levemente negativos em F3-F4 e levemente positivos em F7-F8.

Portanto, pode-se entender que o cálculo mais fácil não foi facilmente entendido, como esperado inicialmente, já o cálculo mais difícil foi melhor aceito pelos participantes e a etapa de música provocou certo desconforto nos participantes.

Esse resultado sugere que as etapas do *tradeoff* não são lúdicas e de fácil compreensão, podendo haver baixo engajamento na tarefa, além disso, o primeiro cálculo pode ter causado certo desconforto nos participantes, muito provavelmente devido ao fato de ser a primeira etapa do experimento, no qual eles precisam entender como funcionaria as perguntas, o último cálculo já tem melhores índices, sugerindo que a fase inicial da pesquisa foi compreendida, por fim, os índices de música apresentam nuances de dificuldade na tarefa.

Por fim, fez-se as comparações das amostras por meio da análise estatística do teste t e complementado com a Função Shift. O resultado está evidenciado no Quadro 13.

Quadro 13 – Resultado do teste t na Função Assimetria Frontal Alfa com cortes

P-VALOR

<b>F3-F4</b>	BISSEÇÃO	ORDENAÇÃO	EXPLORAÇÃO	OBTENÇÃO DAS C.E.
CÁLCULO 1	0,1213	0,6777	0,2589	0,04403
CÁLCULO 4	0,006702	0,3551	0,0157	0,01541
MÚSICA	0,2536	0,8933	0,3424	0,06088

<b>F3-F4</b>	BISSEÇÃO	ORDENAÇÃO	EXPLORAÇÃO	OBTENÇÃO DAS C.E.
CÁLCULO 1	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p < 0,05
CÁLCULO 4	p < 0,05	p > 0,05	p < 0,05	p < 0,05
MÚSICA	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05

P-VALOR

<b>F7-F8</b>	BISSEÇÃO	ORDENAÇÃO	EXPLORAÇÃO	OBTENÇÃO DAS C.E.
CÁLCULO 1	0,6644	0,5434	0,4442	0,6461
CÁLCULO 4	0,8468	0,3381	0,2477	0,4363
MÚSICA	0,7858	0,5119	0,5276	0,6402

<b>F7-F8</b>	BISSEÇÃO	ORDENAÇÃO	EXPLORAÇÃO	OBTENÇÃO DAS C.E.
CÁLCULO 1	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
CÁLCULO 4	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
MÚSICA	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05

Fonte: A autora, 2022.

O resultado do Quadro 13 evidencia que, para os pares de canais F3 e F4, música apresenta semelhanças em relação a todas as etapas do *tradeoff*, o cálculo mais difícil apenas à etapa de ordenação e o cálculo mais fácil às três primeiras etapas do procedimento, já para os pares de canais F7 e F8, todas as etapas se assemelham. Portanto, sugere-se que há um estado automático mental maior do que um estado de concentração ativa na tarefa.

Por fim, gerou-se os gráficos da Função Shift e o resultado está explícito no Quadro 14.

Quadro 14 – Resultado da Função Shift na Função Assimetria Frontal Alfa com cortes

<b>SHIFT</b>	BISSEÇÃO	ORDENAÇÃO	EXPLORAÇÃO	OBTENÇÃO DAS C.E.
F3-F4	MÚSICA	MÚSICA	MÚSICA	MÚSICA
F7-F8	MÚSICA	MÚSICA	MÚSICA	MÚSICA

Fonte: A autora, 2022.

Conforme apresentado, as quatro etapas do *tradeoff*, tanto na assimetria alfa nos canais F3 e F4, quanto F7 e F8, apresentam maior semelhança com os dados da música preferida dos participantes. Também, notou-se que há semelhança com os dados da elicitação com o cálculo mais fácil, de uma forma mais discreta, e que os dados são totalmente diferentes dos do cálculo

mais difícil. Dessa forma, reafirma-se a conclusão da análise sem cortes, no qual é sugestivo que os participantes não estejam engajados na tarefa durante o procedimento.

### 4.3 FUNÇÃO POPE

#### 4.3.1 Análise sem cortes

Para a análise sem cortes, aplicou-se a fórmula de engajamento de Pope para as 4 etapas do *tradeoff*, o bloco fechado de cálculo e o bloco fechado de música. Posteriormente, fez-se o teste estatístico t para amostras pareadas, comparando as etapas da bisseção com cálculo, bisseção com música, ordenação com cálculo, ordenação com música, exploração com cálculo, exploração com música, obtenção das constantes de escala com cálculo e obtenção das constantes de escala com música. O Quadro 15 exemplifica como foram utilizados os dados para cálculo da análise estatística, no qual cada uma dessas amostras era imputadas no *software* R para testar a hipótese nula do problema por meio do p-valor.

Quadro 15 – Demonstrativo da análise de dados da Função Pope

POPE  
POTÊNCIA ABSOLUTA

QTD	BISSEÇÃO	CÁLCULO
1	0,40269937	0,738863267
2	0,332599484	0,581294065
3	0,750901022	1,550739704
4	0,837571183	0,774076574
5	0,509341699	0,679540162
6	0,505755107	1,061006635
7	0,722686179	0,931067817
8	0,609955573	0,669616682
9	0,616152668	1,065278039
10	0,949115371	0,822039342
11	0,608714799	1,035632915
12	0,49232819	1,02517599
13	0,681199552	0,961510515
14	0,665289304	1,060013513
15	0,575898421	0,565611864
16	0,726413694	1,055966164
17	0,446743359	0,967029827
18	0,382380528	0,712719382
19	0,320402929	0,626577008
20	0,82987757	1,014952135
21	0,311314795	1,107233072
22	0,830422396	0,530884211
23	0,604009858	0,705968172
24	0,323794151	1,23687114
25	0,600104628	1,004481723
26	0,767918473	0,702085252
27	0,559792271	0,948600908
28	0,40517567	0,542717739
29	0,829250901	1,29246665
30	0,374131236	0,476667785
31	1,029284325	1,035639176
32	1,4862947	1,055813495
33	0,593213965	0,950167886
34	0,219400328	1,18653133
35	0,388288924	0,668331187

Fonte: A autora, 2022.

O resultado dessa observação está descrita no Quadro 16.

Quadro 16 – Resultado da Função Pope sem cortes

FUNÇÃO POPE  
P-VALOR

BIS. CÁL.	BIS. MÚS.	ORD. CÁL.	ORD. MÚS.	EXP. CÁL.	EXP. MÚS.	OBT. CÁL.	OBT. MÚS.
4,47E-03	0,0004126	0,1314	0,2749	0,001306	0,01792	0,0009774	0,005357

BIS. CÁL.	BIS. MÚS.	ORD. CÁL.	ORD. MÚS.	EXP. CÁL.	EXP. MÚS.	OBT. CÁL.	OBT. MÚS.
p < 0,05	p < 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05

Fonte: A autora, 2022.

Conforme percebido, apenas a etapa da ordenação apresentou semelhanças com as etapas de cálculo e música, indicando que o esforço cognitivo para essa fase do *tradeoff* é similar ao efetuar cálculos matemáticos e visualizar clipes musicais. Para complementar essas observações, aplicou-se a Função Shift, cujo resultado encontra-se no Quadro 17.

Quadro 17 – Resultado da Função Shift na Função Pope sem cortes

FUNÇÃO SHIFT	SEMELHANÇA
BISSEÇÃO	MÚSICA
ORDENAÇÃO	MÚSICA
EXPLORAÇÃO	MÚSICA
OBTENÇÃO DAS C.E.	MÚSICA

Fonte: A autora, 2022.

Apesar do resultado com o teste t ter indicado que apenas a etapa da ordenação se assemelhava a cálculo e a música, com a análise dos gráficos inferenciais robustos, constatou-se que as quatro etapas do *tradeoff* apresentam similaridade com a etapa de música, no entanto, confirmou-se que a que mais se aproxima na comparação entre as amostras, é a etapa da ordenação.

Dessa forma, pode-se entender que o esforço cognitivo durante a elicitación é semelhante ao ver um clipe musical. Visto que a etapa de música exige menos esforço cognitivo do que a etapa de cálculo, esse resultado sugere um baixo comprometimento dos decisores durante o procedimento.

#### 4.3.2 Análise com cortes

Nessa etapa usou-se a Função Pope tanto para as etapas do *tradeoff*, quando para o cálculo mais fácil, o cálculo mais difícil e a música preferida dos participantes. O resultado dessa análise está descrita no Quadro 18.

Quadro 18 – Resultado da Função Pope com cortes

## P-VALOR

FUNÇÃO POPE	CÁLCULO 1	CÁLCULO 4	MÚSICA
BISSEÇÃO	5,04E-04	3,41E-02	1,09E-02
ORDENAÇÃO	0,0001886	0,03511	0,004766
EXPLORAÇÃO	1,83E-03	0,000379	0,0003012
OBTENÇÃO DAS C. E.	6,16E-03	0,000577	9,07E-02

FUNÇÃO POPE	CÁLCULO 1	CÁLCULO 4	MÚSICA
BISSEÇÃO	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05
ORDENAÇÃO	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05
EXPLORAÇÃO	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05
OBTENÇÃO DAS C. E.	p < 0,05	p < 0,05	p > 0,05

Fonte: A autora, 2022.

O resultado apresentado no Quadro 15, diferentemente do resultado da Função Pope sem cortes, demonstra que apenas a última etapa do *tradeoff*, obtenção das constantes de escala, mostrou similaridade com música e que nenhuma das etapas da elicitação é semelhante às etapas de cálculo.

Após esse procedimento, calculou-se a média da Função Pope para o cálculo mais fácil, o mais difícil e a música preferida dos participantes, a fim de observar qual dessas etapas possui maior esforço cognitivo. O apuramento está exposto no Quadro 19.

Quadro 19 – Resultado da média na Função Pope para cálculo e música

	ENGAJAMENTO		
	Cálculo 1	Música	Cálculo 4
Média	1,223	1,157	1,032

Fonte: A autora, 2022.

Conforme percebido, o cálculo mais fácil obteve melhor desempenho cognitivo, seguido da música preferida dos participantes e do cálculo mais difícil. Esse desempenho sugere que o cálculo mais difícil, no qual supostamente necessita de maior esforço cognitivo para ser respondido com assertividade, não correspondeu às expectativas, indicando que os alunos tiveram dificuldade nesse problema.

Além disso, para um estudo mais robusto, fez-se o uso da Função Shift, cujo resultado é demonstrado no Quadro 20.

Quadro 20 – Resultado da Função Shift na Função Pope com cortes

FUNÇÃO SHIFT	
BISSEÇÃO	CÁLCULO 4
ORDENAÇÃO	CÁLCULO 4
EXPLORAÇÃO	CÁLCULO 4
OBTENÇÃO DAS C.E.	CÁLCULO 4

Fonte: A autora, 2022.

Apesar de a análise estatística indicar que apenas a etapa de obtenção das constantes de escala se assemelhava a etapa da música preferida dos participantes, com um método mais adequado para o estudo em questão, percebe-se que todas as etapas do *tradeoff* são similares à etapa do cálculo mais difícil, em especial, a etapa da ordenação, no qual se aproximou mais na comparação par a par. Esse resultado, somado com o indicativo do Quadro 17 sugere que houve baixo engajamento cognitivo dos participantes durante a elicitação. Por fim, a seção 3.2.4 discutirá os resultados obtidos de forma geral.

#### 4.4 COMPARAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

O primeiro aspecto estudado, a fim de atingir o objetivo proposto no presente estudo, foi a comparação de amostras pareadas por meio da análise estatística do teste t, no qual é possível identificar se alguma etapa do procedimento de elicitação *tradeoff* ativa o Sistema 2 do cérebro, indicando atenção focada e esforço, assim como ocorre ao efetuar um cálculo matemático, ou se ativa o Sistema 1 do cérebro, no qual sugere um estado mais automático mental, semelhante ao ver um clipe musical.

Por conseguinte, buscou-se avaliar a atenção focada em uma tarefa por meio da Função Assimetria Frontal Alfa, no qual é uma medida de concentração e engajamento. Além disso, explorou-se também a Função Pope, que é uma medida de engajamento cognitivo. Por fim, todas as análises foram complementadas com a Função Shift, que geraram gráficos detalhados e auxiliaram na melhor interpretação de dados de neurociência. O compilado das observações está descrita no Quadro 21.

Quadro 21 – Resumo do resultado das análises realizadas

RESULTADO FINAL	TESTE T		ASSIMETRIA ALFA		FUNÇÃO POPE	
		FUNÇÃO SHIFT		FUNÇÃO SHIFT		FUNÇÃO SHIFT
SEM CORTE	BISSEÇÃO = CÁLCULO E MÚSICA	BISSEÇÃO MAIS PRÓXIMA DE CÁLCULO	TODAS AS ETAPAS DO TRADEOFF SEMELHANTES A CÁLCULO E MÚSICA	TODAS AS ETAPAS DO TRADEOFF MAIS PRÓXIMAS A MÚSICA	ORDENAÇÃO SE ASSEMELHA MAIS A CÁLCULO E MÚSICA	ORDENAÇÃO MAIS PRÓXIMA A MÚSICA
COM CORTE	BISSEÇÃO = CÁLCULO MAIS FÁCIL, CÁLCULO MAIS DIFÍCIL E MÚSICA PREFERIDA	BISSEÇÃO MAIS PRÓXIMA DO CÁLCULO MAIS DIFÍCIL	TODAS AS ETAPAS DO TRADEOFF SEMELHANTES A CÁLCULO MAIS FÁCIL, MAIS DIFÍCIL E MÚSICA	TODAS AS ETAPAS DO TRADEOFF MAIS PRÓXIMAS A MÚSICA	OBTENÇÃO DAS CONSTANTES DE ESCALA SEMELHANTE A MÚSICA	TODAS AS ETAPAS SEMELHANTES AO CÁLCULO MAIS DIFÍCIL

Fonte: A autora, 2022.

Conforme percebido, pode-se dizer que ambas as análises, com corte e sem corte, obtiveram resultados semelhantes, nos quais é sugestiva que a primeira etapa do *tradeoff*, bisseção, exige maior esforço por parte do decisor. Além disso, o engajamento e atenção na tarefa durante a elicitação é semelhante ao esforço de visualizar um clipe musical, indicando que os participantes operaram, em sua maioria, em um estado mental automático. Por fim, o esforço cognitivo explorado no experimento indica que os alunos tiveram dificuldades com o procedimento de elicitação, bem como tiveram ao operar o cálculo mais difícil. Com essas observações é possível sugerir melhorias no processo, etapa a ser explorada na seção 4.5.

#### 4.5 INSIGHTS E RECOMENDAÇÕES

Apesar do aumento das pesquisas em neurociência, ainda são escassos estudos que a correlacionem no contexto da tomada de decisão multicritério, dessa forma, os resultados dos experimentos se tornam relevantes a medida que corrobora para a utilidade das ferramentas de neurociência em sistemas de apoio a decisão, viabilizando melhorias no processo.

Percebe-se, com as análises estudadas, que há aspectos na tomada de decisão que são independentes do consciente humano, no qual muitas vezes opera de forma intuitiva e automática, dessa forma, a neurociência em decisão se torna relevante ao apresentar *insights* que possam melhorar a experiência no procedimento de elicitação *tradeoff*.

O *tradeoff* é um método robusto, apresentado em 1975, o qual possui uma forte estrutura axiomática, em que a primeira etapa, bisseção, exige um maior esforço cognitivo por parte do decisor, pois é a fase mais extensa e cansativa do procedimento. Por ser um método consolidado, os *insights* obtidos não buscam alterar o processo e sim fazer sugestões do ponto de vista do analista e do ponto de vista do decisor.

Portanto, para um resultado mais assertivo na tomada de decisão, inicialmente, recomenda-se que o analista esteja disponível para auxiliar o decisor durante todo o

procedimento, explicando de modo assertivo como o procedimento funciona, tirando as dúvidas existentes e deixando claro que a etapa da bisseção, apesar de cansativa, é crucial para uma decisão consistente, desse modo, o decisor irá se preparar para enfrentá-la.

Além disso, é possível que o analista disserte brevemente a respeito do Sistema 1 e 2 do cérebro, indicando que é importante que o decisor esteja com o Sistema 2 ativado durante o procedimento, visto que o Sistema 1 opera de forma automática e intuitiva e o Sistema 2 de forma concentrada e assertiva.

Ao compreender que o Sistema 1 é intuitivo e não propenso a duvidar, o decisor é capaz de identificar que precisa de mais concentração para a tomada de decisão e que deve buscar racionalidade nas suas escolhas, focando sua atenção em cada etapa do procedimento.

Outra recomendação é que a tomada de decisão seja feita em um momento em que o decisor não tenha outros problemas para resolver, esteja descansado e disposto a focar apenas nessa tarefa, assim, reduzirá as possíveis ações involuntárias no processo. É necessário também que o decisor esteja consciente da sua ordem de prioridades durante a decisão, de modo a se manter consistente durante todas as etapas, portanto, ter clareza nos seus objetivos é crucial para um bom resultado.

Com o estudo em questão, foi possível compreender que quanto mais difícil seja a tarefa, mais parecida é a atividade cerebral do decisor nas etapas mais complexas do *tradeoff*, e de forma mais automática o cérebro opera, desse modo, é possível antecipar comportamentos e diminuir o surgimento de possíveis dúvidas.

Sabe-se também que quanto maior for o número de variáveis no problema, maior a taxa de erros, dessa forma, se possível, deve-se filtrar antes do procedimento os critérios mais importantes, diminuindo a quantidade de variáveis a serem avaliados.

De forma geral, se o decisor e o analista estiverem alinhados, focados e com a clareza no objetivo durante a tomada de decisão, maior são as chances de assertividade.

Outro quesito importante para a tomada de decisão é o *design* do *software* do *tradeoff*, que atualmente, conforme demonstrado no Anexo I, possui uma interface arcaica e de pouca familiaridade para os usuários, podendo gerar desconforto e estranheza por parte dos decisores, pois estão acostumados com *smartphones* e novas tecnologias.

Dessa forma, como recomendação, sugere-se que a apresentação visual do *software* seja atualizada para uma versão mais moderna e similar ao que os participantes estão acostumados, fornecendo ferramentas de visualização intuitivas, ergonômicas, facilitando seu uso por meio de fortes recursos gráficos e uma linguagem natural interativa. Com essa atualização, busca-se explorar a tecnologia como uma ferramenta de auxílio na melhoria da eficácia da tomada de

decisão, engajando mais os tomadores de decisão e auxiliando-os a tomarem suas decisões de forma produtiva e segura.

#### 4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

O capítulo 4 discutiu os resultados obtidos, elencou os insights e fez recomendações acerca do método *tradeoff*, trazendo contribuições para uma melhor tomada de decisão, tanto do ponto de vista do decisor, como do ponto de vista do analista, bem como contribuições para o Sistema de Apoio à Decisão. Ademais, capítulo 5 discorrerá sobre conclusões do trabalho, detalhar os resultados das análises propostas, bem como delinear os insights extraídos.

## 5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este capítulo apresenta as conclusões gerais, finalizando o trabalho. São apresentadas na seção 5.1 os resultados obtidos e suas implicações, além de discussões da contribuição deste trabalho, bem como suas limitações, por conseguinte, a seção 5.2 apresenta sugestões para trabalhos futuros, preenchendo lacunas existentes na atual pesquisa.

### 5.1 CONCLUSÕES

O presente estudo procurou identificar como a agregação da modelagem matemática com os estudos comportamentais, por meio do uso de neurociências em MCDA, podem auxiliar na compreensão dos fatores que afetam a tomada de decisão, minimizando os impactos negativos do procedimento de elicitação *tradeoff*.

Para isso, com o auxílio do EEG, comparou-se a atividade cerebral de quando os participantes eram submetidos a resolver um problema multicritério, por meio do SAD do *tradeoff*, com a atividade cerebral de quando efetuavam cálculos matemáticos e visualizavam clipes musicais, compreendendo em que momentos da elicitação os sujeitos estão concentrados e quando estão fazendo associação automática intuitiva.

Para a análise dos dados do experimento, primeiramente, fez-se a comparação par a par das amostras por meio do teste t e complementadas com a Função Shift, que possui como diferencial o desenvolvimento de gráficos robustos e detalhados das comparações amostrais, auxiliando no melhor entendimento das observações, sendo de suma importância para pesquisas em neurociência devido ao seu caráter inovador e robusto. Nessa análise, concluiu-se que a primeira etapa do *tradeoff*, bisseção, se assemelha com os dados extraídos de cálculo, sugerindo que a etapa inicial da elicitação é a que mais exige atenção plena e esforço, no entanto, também percebeu-se semelhanças em 2 canais com as etapas de música, indicando que possa haver estados de associação intuitiva cerebral.

Posteriormente, quando analisados a Função Assimetria Frontal Alfa, no qual identifica atenção do decisor na tarefa, pôde-se concluir que todas as etapas do *tradeoff* se assemelham com os aspectos cerebrais da etapa de música, dessa forma, é sugestivo que os participantes estivessem operando mais de forma automática, do que com atenção plena. Podendo justificar o alto índice de inconsistências inerentes ao procedimento.

Por fim, o estudo da Função Pope, responsável por identificar o esforço cognitivo do decisor, indicou que todas as etapas do *tradeoff* se assemelhavam mais ao aspecto cerebral

referente à efetuação do cálculo mais difícil, no qual obteve o menor índice de engajamento cognitivo, assim sendo, sugere-se que o procedimento de elicitación obteve baixo esforço cognitivo por parte dos decisores do experimento.

De forma geral, as análises indicam que a etapa da bisseção exige maior atenção do decisor, no entanto, durante quase todo o procedimento de elicitación, os participantes operavam de forma mais automática e com pouco esforço cognitivo. Portanto, é necessário que os analistas alinhem com os decisores o propósito da decisão multicritério, explicando exatamente o que precisa ser feito em cada etapa, retirando todas as possíveis dúvidas e adiantando questões que possam vir a surgir durante o procedimento, a fim de aumentar a atenção focada no problema, e, conseqüentemente, fazendo com que a tomada de decisão seja mais assertiva. Além disso, melhorias no *design* do *software* ajudarão o decisor a se manter conectado às etapas do *tradeoff*, mantendo o foco apenas na resolução do problema e não na interpretação das telas do SAD, visto que ele estará autoexplicativo, intuitivo e o analista já terá alinhado previamente o que será exigido dele.

Portanto, com os resultados encontrados, pode-se concluir que a agregação da modelagem matemática do *tradeoff*, juntamente com os estudos comportamentais, por meio do uso de neurociências em MCDA, auxiliou na compreensão dos fatores que afetam a tomada de decisão, ao perceber a necessidade de adaptar as orientações do decisor e do analista, bem como o *design* do SAD, para minimizar a influência da associação intuitiva durante o procedimento, e os impactos negativos dos aspectos comportamentais, a fim de diminuir as inconsistências do *tradeoff*.

Dessa forma, enfatiza-se que os resultados apresentados no presente estudo geram impactos relevantes tanto para a literatura, quanto para a sociedade, visto que gerou *insights* significantes para que o procedimento de elicitación *tradeoff* ocorra com mais consistência.

Ademais, o presente trabalho cumpriu com os objetivos propostos, conforme demonstrado no Quadro 22.

Quadro 22 – Realização dos objetivos propostos

Objetivos específicos	Subseção da sua efetivação	Informação sobre o seu cumprimento
Explorar os processos decisórios no âmbito da neurociência utilizando os 14 canais do EEG;	3.1 e 3.2	Nas presentes subseções encontram-se detalhes do experimento, bem como as análises de dados desenvolvidas por meio dos dados capturados com o EEG, identificando os aspectos cognitivos inerentes ao <i>Tradeoff</i> .
Avaliar os esforços cognitivos de atenção focada e estado mental automático do procedimento de elicitação <i>tradeoff</i> .	3.2 e 4.2	Nas etapas de análises de dados, avaliou-se se os participantes do experimento estavam com atenção focada na tarefa, engajados cognitivamente ou se apresentavam estado mental automático ao realizar a elicitação.
Fazer análises estatísticas comparativas entre as atividades cerebrais ao escutar música e ao executar operações matemáticas.	3.2.1, 3.2.2 e 3.2.3	As análises estatísticas foram realizadas para fazer comparações pareadas entre as amostras do <i>tradeoff</i> e os dados de cálculo e música. Pela natureza dos dados, optou-se por usar o teste t e os dados foram trabalhados com o auxílio do <i>software</i> R.
Obter sugestões inferenciais robustos acerca dos resultados por meio da Função Shift.	3.2.1, 3.2.2 e 3.2.3	Em todas as análises realizadas foram feitas inferências utilizando a Função Shift, visto que é indicada para dados de neurociência e oferece gráficos robustos acerca da comparação par a par.
Estudar o engajamento dos participantes utilizando a Função Assimetria Frontal Alfa e a Função Pope;	3.2.2 e 3.2.3	Para analisar o engajamento dos decisores, optou-se por explorar a Função Assimetria Frontal Alfa, no qual observa-se a atenção na tarefa e a Função Pope, observando o esforço cognitivo.
Identificar possíveis orientações para decisor, analista e SAD do <i>tradeoff</i> , para minimizar os impactos negativos do procedimento de elicitação.	3.2.5	Etapa no qual foi discutido e sugerido possíveis orientações para o decisor, para o analista e para o SAD do <i>tradeoff</i> , a fim de propiciar resultados mais assertivos e diminuir o índice de inconsistências.

Fonte: A autora, 2022.

Apesar das conclusões obtidas no presente estudo, o trabalho teve algumas limitações, que são exploradas na seção 4.2, além das sugestões para trabalhos futuros.

## 5.2 LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Apesar das conclusões obtidas no presente estudo, o trabalho teve algumas limitações, como a amostra restrita de participantes no experimento, no qual foram utilizados apenas alunos de administração e engenharia de produção, a necessidade de filtrar os dados do EEG a fim de excluir artefatos, como piscadas, barulho ambiente, ruídos, eliminando mais da metade da gravação dos dados, utilização de apenas um equipamento de neurociência, no qual não é possível captar dados psicofisiológicos, como sacadas, microsacadas, fixação ocular, dilatação da pupila, dentre outros.

Contudo, vale ressaltar que apesar das limitações, o presente trabalho apresentou análises robustas e contribuem para a literatura e para a sociedade, além disso, devido a complexidade

da obtenção e tratamento dos dados, é comum que estudos em neurociência tenham um baixo número de participantes, não destoando dos demais trabalhos da área.

A fim de superar as limitações encontradas, sugere-se para trabalhos futuros, analisar uma amostra maior e mais diversificada, podendo testar as hipóteses levantadas nesse trabalho ou criar novas hipóteses, como, por exemplo, compreender se o fato dos participantes resolverem problemas multicritérios fictícios possa ter influenciado no baixo engajamento encontrado no presente estudo; identificar se os participantes que nunca tiveram contato com o SAD do *tradeoff* apresentavam mais esforço cognitivo para compreender e resolver o problema; entender, por meio do questionário da pesquisa de satisfação, qual o estado emocional do participante durante o experimento e se esse estado possa ter afetado no resultado final da resolução do seu problema.

Pode-se também complementar a análise dos dados utilizando outros equipamentos de neurociência, como *eye-tracking*, ajudando a compreender melhor os aspectos intrínsecos do processo decisório, por meio do estudo do número de sacadas oculares, fixações, duração das mesmas, dilatação da pupila, agregando informações acerca do esforço cognitivo, dispersão de atenção, concentração, dentre outros aspectos por parte do decisor.

Além do rastreador ocular, equipamentos de ressonância magnética trariam maior robustez na análise de dados, visto que permitem a observação de áreas internas do cérebro, aumentando a confiabilidade do estudo, além de permitir chegar a conclusões mais amplas a respeito da influência dos aspectos comportamentais do decisor no procedimento de elicitação *Tradeoff*. Como uma opção mais viável e mais simples, pode-se utilizar os medidores de frequência cardíaca, avaliando se o sujeito está nervoso ou não, se há situações de desconforto, situações de descanso, dentre outros.

Por fim, sugere-se elaborar um passo a passo de como conduzir o método *tradeoff* e validá-lo com os experimentos já realizados, averiguando se há melhorias no processo.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A; MORAIS, D. **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. **Avaliação da atividade cerebral do decisor no contexto de elicitação tradeoff**. Dissertação (mestrado) – UFPE, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, 2020.
- BENFICA, A; BARBOSA, I. **Contribuições da neurociência para a gestão de pessoas**. Dissertação (Mestrado) – Centro Universitário UNA, Programa de Mestrado Profissional em Administração, 2015.
- BRASILEIRO, A. **Manual de produção de textos acadêmicos e científicos**. São Paulo: Atlas, 2013.
- CALAZANS, D; ROCHA, F; ARAUJO, A; FERREIRA, L. **Decisão multicritério como apoio a avaliação de desempenho de fornecedores na gestão de serviços públicos de alimentação coletiva**. Natal: CONTEXTUS Revista Contemporânea de Economia e Gestão. Vol 14 N. 2, 2016.
- CALVERT, J. **Use of Pope Engagment Index to measure cognitive load of physical modeling activities in Organic Chemistry**. Master of Science in Chemical Sciences Theses. 25, 2009.
- CESAR, A; JERONIMO, P; CARNEIRO, R. **Neuroaccounting: a contribuição da neurociência para a análise da decisão relacionada a metas orçamentárias**. *Enf.: Ref. Cont*, V.31, N. 3, P. 89-107, 2012.
- CHARLAND, P, et al. **Assessing the Multiple Dimensions of Engagement to Characterize Learning: A Neurophysiological Perspective**. *J. Vis. Exp.* (101), e52627, doi:10.3791/52627 (2015).
- COYNE et al. **Applying Real Time Physiological Measures of Cognitive Load to Improve Training**. D.D. Schmorow et al. (Eds.): *Augmented Cognition, HCII 2009*, LNAI 5638, pp. 469–478, 2009.
- DE ALMEIDA, A.T., **Processo de Decisão nas Organizações: Construindo modelos de decisão multicritério**. São Paulo: Editora Atlas, 2013.
- DEMAZURE et al. **Sustained Attention in a Monitoring Task: Towards a Neuroadaptive Enterprise System Interface**: NeuroIS Retreat 2018. *Information Systems and Neuroscience*, 2019.

- DIMOKA, et al. On the use of neurophysiological tools in IS research: **Developing a research agenda for NeuroIS**. MIS Quarterly. Vol. 36 No. 3 pp. 679-702, 2012.
- EAGLEMAN, D. **The Brain: A story of you**. New York: Pantheon Books, 2015.
- GANGA, G. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) na Engenharia de Produção. **São Paulo: Atlas, 2012**.
- GORN, G. **The Effects of Music in Advertising on Choice Behavior: A Classical Conditioning Approach**. Journal of Marketing, Vol. 46, No. 1, pp. 94-10, 1982.
- JAYARATHNE, I. et al. **Person identification from EEG using various machine learning techniques with inter-hemispheric amplitude ratio**. PLoSONE 15(9): e0238872, Italy, 2020.
- KAHNEMAN, D. **Thinking, fast and slow**. New York: Farrar, Straus & Giroux, 2011.
- KEENEY RL & RAIFFA H. **Decision Making with Multiple Objectives, Preferences, and Value Tradeoffs**. New York: John Wiley & Sons. 592 pages. 1976.
- 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.
- MIKULKA, P, et al. **Effects of a Biocybernetic System on Vigilance Performance**. HUMAN FACTORS, Vol. 44, No. 4, Winter 2002, pp. 654–664, 2002.
- MORIDIS, C.N. *et al.* **Using EEG Frontal Asymmetry to Predict IT User’s Perceptions Regarding Usefulness, Ease of Use and Playfulness**. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 43, 1–11 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10484-017-9379-8>
- MULLER-PUTZ, G.; RIEDL, R; WRIESSNEGGER, S. **Electroencephalography (EEG) as a Research Tool in the Information Systems Discipline: Foundations, Measurement, and Applications**. Communications of the Association for Information Systems, V. 37, Article 46, 2015.
- PEREIRA, L. **Avaliação do procedimento tradeoff de elicitação de preferências em decisão multiatributo na perspectiva comportamental do decisor**. Tese (doutorado) – UFPE, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, 2020.
- POPE et al. **Biocybernetic system evaluates indices of operator engagement in automated task**. Biological Psychology, Volume 40, Issues 1–2, May 1995, Pages 187-195, 1995.
- REUTER, M; MONTAG, C. **Neuroeconomics: Studies in Neuroscience, Psychology**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2016.
- ROSELLI, L. **AVALIAÇÃO DE ASPECTOS COMPORTAMENTAIS NO DESENHO E ANÁLISE DO FITRADEOFF COM APOIO DE NEUROCIÊNCIA EM DECISÃO**.

Dissertação (mestrado) – UFPE, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, 2018.

ROSELLI, L. **USO DE NEUROCIÊNCIA EM DECISÃO PARA MODULAR MÉTODOS DE DECISÃO MULTICRITÉRIO COM VISUALIZAÇÃO GRÁFICA E TABULAR COM APLICAÇÕES NO DESENHO E ANÁLISE DO FITRADEOFF**. Tese (doutorado) – UFPE, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, 2020.

ROUSSELET, G.A. e WILCOX, R.R. (2016). Rogme: **Robust Graphical Methods for Group Comparisons**. R package version 0.1.0.9000. Available <https://github.com/GRousselet/rogme>.

ROUSSELET, G.A. e WILCOX, R.R. (2017). **Beyond differences in means: robust graphical methods to compare two groups in neuroscience**. European Journal of Neuroscience, Vol. 46.

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.

SIMON, H A. **A behavioral model of rational choice**. The Quarterly Journal of economics, v. 69, n. 1, p 99-118, Feb.1955.

VELOSO, L; COSTA, A. P; SILVA, A. **Analysis of engagement during tradeoff elicitation from the perspective of neuroscience**. In: INSID - INNOVATION FOR SYSTEMS INFORMATION AND DECISION, Recife: Insid, 2021.

VELOSO, L; COSTA, A. P; SILVA, A. **Estudo dos aspectos comportamentais inerentes ao procedimento de elicitação Tradeoff na perspectiva da Neurociência**. LIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (SBPO): João Pessoa, 2021.

VELOSO, L. **Estudo da neurociência no âmbito da gestão de pessoas**. IX CONBEPRO: Ponta Grossa, 2019.

YOON, C et al. **Decision neuroscience and consumer decision making**. Mark Lett, V.23, p.473–485, 2012.

ZANGHELINI, G; CHERUBINI, E; SOARES, S. **How Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) is aiding Life Cycle Assessment (LCA) in results interpretation**. Journal of Cleaner Production. V. 172, p. 609-622, 2018.

## ANEXO A - DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

A primeira etapa do experimento realizado por Andrade (2020) consistia na realização de 4 operações matemáticas.

Figura 10 – Cálculos e opções de respostas realizados no 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: Andrade 2020

Após a efetuação dos cálculos, iniciava-se a etapa de visualização dos clipes musicais.

Figura 11 – Videoclipes apresentados

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

Fonte: Andrade 2020

Por fim, resolvia-se o processo de eliciação *Tradeoff*. Modelo padrão apresentado na Figura 12.

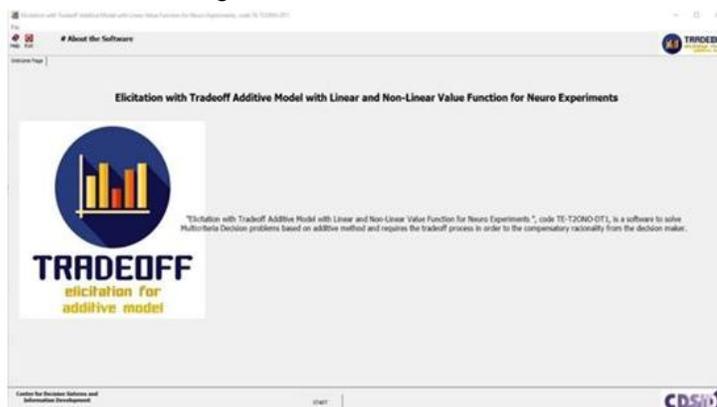
Figura 12 – Modelo padrão do problema multicritério

<b>Criteria</b>	<b>Preço</b>	<b>Camera</b>	<b>Memória (gb)</b>	<b>Bateria (h)</b>
<b>PreferenceDirection</b>	Decrescent	Crescent	Crescent	Crescent
<b>Type</b>	Natural	Constructed	Natural	Constructed
<b>Scale</b>	\$ (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: Andrade 2020

*Layout do software do Tradeoff* ilustrado na Figura 13.

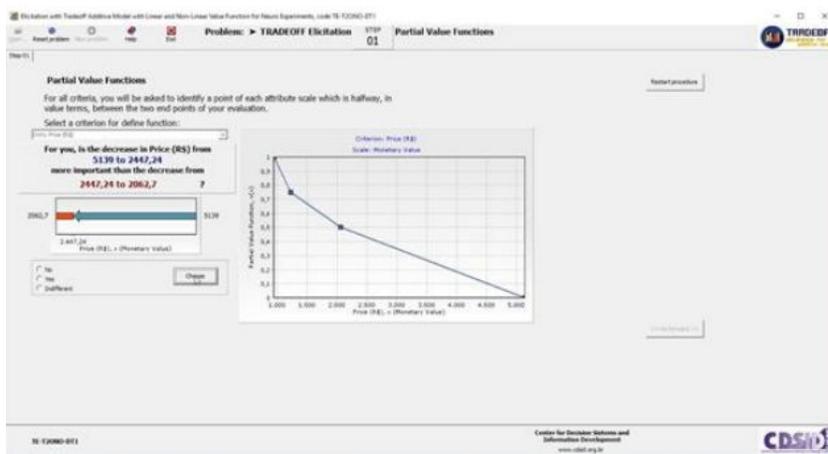
Figura 13 – Software do Tradeoff



Fonte: Andrade 2020

A primeira etapa do *Tradeoff* consistia na avaliação da função valor parcial através do método da bisseção, Figura 14.

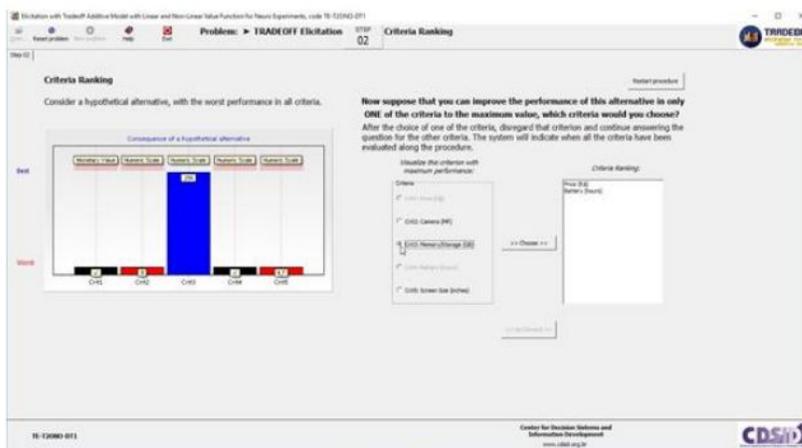
Figura 14 – Resultado da etapa da bisseção



Fonte: Andrade 2020

A etapa seguinte é a da ordenação, Figura 15.

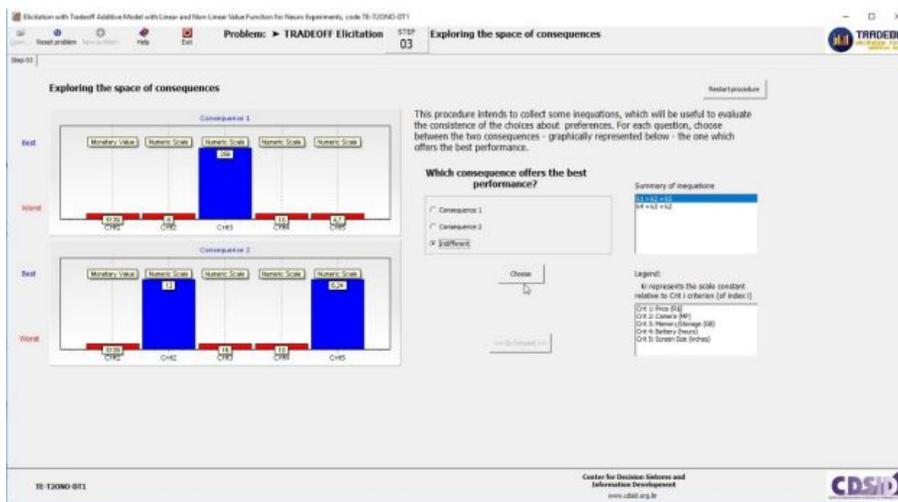
Figura 15 – Etapa da ordenação



Fonte: Andrade 2020

A etapa seguinte é a exploração do espaço consequência, Figura 16.

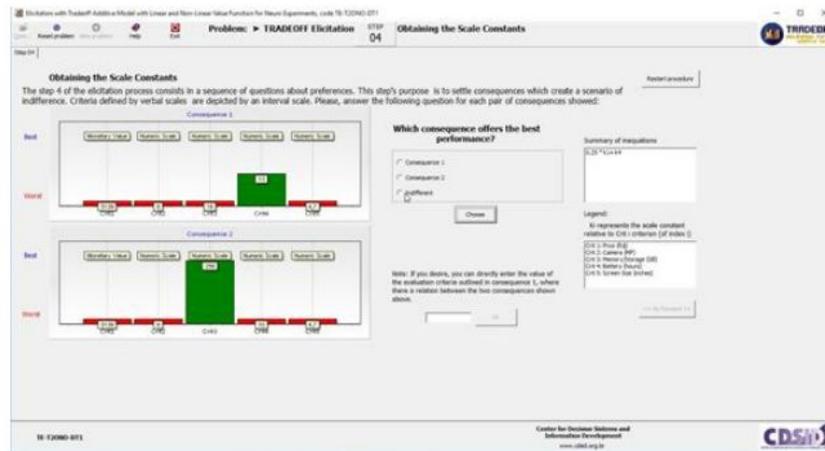
Figura 16– Etapa da exploração do espaço consequência



Fonte: Andrade 2020

Por fim, a obtenção das constantes de escala, Figura 17.

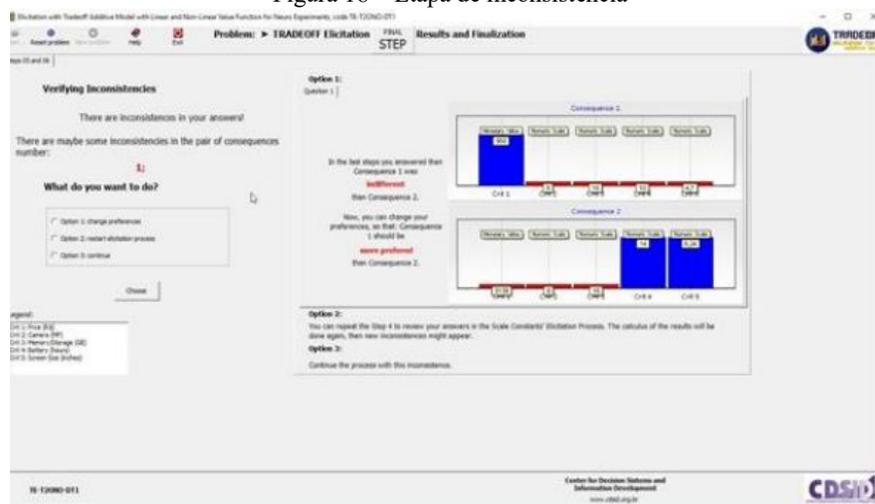
Figura 17 – Etapa da obtenção das constantes de escala



Fonte: Andrade 2020

Se houvesse inconsistência, uma etapa adicional é apresentada, Figura 18.

Figura 18 – Etapa de inconsistência



Fonte: Andrade 2020

Após a finalização do experimento, era realizado uma pesquisa de satisfação com o usuário. Figura 19.

Figura 19 – Etapa da pesquisa de satisfação

Problem: ► TRADEOFF Elicitation FINAL STEP Results and Finalization

Step 01 and 06 - Questionnaire

### Survey Questionnaire

Please, answer the questions below about the tradeoff process of your HCMVA problem:

Q1) How much do you agree with the Tradeoff final result?

Totally agree  
 Partially agree  
 Satisfied  
 Partially disagree  
 Totally disagree

Q2) Considering all the Tradeoff process, establish a ranking of difficulty in providing information.

Step 01 - Formal Initial Functions  
 Step 02 - Criteria Ranking  
 Step 03 - Exploring the Space of Consequences  
 Step 04 - Obtaining the Subt Consequences  
 Step 05 - Verifying Inconsistencies

Q3) Has the information (given during the procedure) been provided safely?

Yes  
 No

Q4) In which steps were there any doubts in the process and inaccuracy in the provision of information?

Step 01 - Formal Initial Functions  
 Step 02 - Criteria Ranking

TI-F2090-012

Center for Decision Sciences and  
 Informative Development  
 www.cbid.org.br

CBID

Fonte: Andrade 2020.