



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

GABRIELA SILVA DA SILVA

**ESTUDO COMPORTAMENTAL SOBRE INCONSISTÊNCIAS NA MODELAGEM  
DE PREFERÊNCIAS COM O USO DO PROCEDIMENTO DE ELICITAÇÃO  
*TRADEOFF***

Recife

2020

GABRIELA SILVA DA SILVA

**ESTUDO COMPORTAMENTAL SOBRE INCONSISTÊNCIAS NA MODELAGEM  
DE PREFERÊNCIAS COM O USO DO PROCEDIMENTO DE ELICITAÇÃO  
*TRADEOFF***

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

Área de concentração: Gestão da Produção.

Orientadora: Profa. Dra. Danielle Costa Morais.

Coorientador: Prof. Dr. Adiel Teixeira de Almeida.

Recife  
2020

Catálogo na fonte  
Bibliotecário Gabriel Luz, CRB-4 / 2222

S586e Silva, Gabriela Silva da.  
Estudo comportamental sobre inconsistências na modelagem de preferências com o uso do procedimento de elicitação tradeoff / Gabriela Silva da Silva – Recife, 2020.  
118 f.: il.

Orientadora: Profa. Dra. Danielle Costa Morais.  
Coorientador: Prof. Dr. Adiel Teixeira de Almeida.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2020.  
Inclui referências e apêndice.

1. Engenharia de Produção. 2. Decisão multicritério. 3. Procedimento tradeoff. 4. Neurociência. I. Morais, Danielle Costa (Orientadora). II. Almeida, Adiel Teixeira de (Coorientador). III. Título.

UFPE

658.5 CDD (22. ed.) BCTG / 2020-120

GABRIELA SILVA DA SILVA

**ESTUDO COMPORTAMENTAL SOBRE INCONSISTÊNCIAS NA MODELAGEM  
DE PREFERÊNCIAS COM O USO DO PROCEDIMENTO DE ELICITAÇÃO  
TRADEOFF**

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

Aprovada em: 19/02/2020.

---

Profa. Dra. Danielle Costa Morais, (UFPE)

---

Prof. Dr. NOME DO EXAMINADOR INTERNO, (UFPE)

---

Prof. NOME DO EXAMINADOR EXTERNO

---

## RESUMO

O procedimento *tradeoff* para eliciação de preferências é axiomáticamente robusto e permite a incorporação de uma avaliação intracritério com funções valores não lineares. No entanto, durante o processo de eliciação, o decisor está suscetível a vieses, que podem estar atrelados a questões subjetivas ou mesmo devido à racionalidade do ser humano ser limitada diante de problemas complexos, ainda a análise de *pay-offs* é cansativa, podendo resultar em inconsistências que afetam a execução do procedimento. Dessa forma, este trabalho apresenta um estudo comportamental das inconsistências ao utilizar o procedimento *tradeoff* para eliciação das preferências do decisor. Foram utilizadas ferramentas de neurociência para analisar questões comportamentais não controladas pelo decisor com o objetivo de enriquecer a investigação. Verificaram-se padrões, durante o procedimento, que indicaram de que forma as inconsistências impactam o processo de tomada de decisão. Os resultados indicaram uma tendência à linearidade em relação à etapa da bisseção. Além disso, as ferramentas de neurociência apresentaram comportamento que corrobora o grau de dificuldade encontrado nas etapas do *tradeoff*.

Palavras-chave: Decisão multicritério. Procedimento *tradeoff*. Neurociência.

## **ABSTRACT**

The tradeoff procedure for eliciting preferences is axiomatically robust and allows the incorporation of an intracriterial evaluation with non-linear values functions. However, during the elicitation process, the decision-maker is susceptible to biases, which may be linked to subjective issues or even due to the rationality of the human being limited in the face of complex problems, given pay-off analysis is tiring, and may result in inconsistencies that affect the execution of the procedure. Thus, this dissertation presents a behavioral study of the inconsistencies using the tradeoff procedure to elicit the decision maker's preferences. Neuroscience tools were used to analyze behavioral issues not controlled by the decision-maker to enrich the investigation. Seeking to verify patterns during the procedure that indicate how inconsistencies impact the process, the results indicated a trend towards linearity in the bisection section and the neuroscience tools showed behavior that corroborates the degree of difficulty found in the tradeoff stages.

**Keywords:** Multicriteria decision making. Tradeoff procedure. Neuroscience.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
1.1	JUSTIFICATIVA .....	9
1.2	OBJETIVOS DO TRABALHO .....	10
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivo geral .....</b>	<b>10</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>10</b>
1.3	METODOLOGIA .....	10
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	12
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>14</b>
2.1	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	14
<b>2.1.1</b>	<b>Decisão Multicritério e Modelagem de Preferências.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Procedimento de Elicitação Tradeoff .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.3</b>	<b>Neurociências em decisão .....</b>	<b>19</b>
2.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE ANÁLISE COMPORTAMENTAL E DECISÃO MULTICRITÉRIO .....	22
<b>2.2.1</b>	<b>Decisão multicritério .....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Análise comportamental e neurociência.....</b>	<b>27</b>
2.3	SÍNTESE DO ESTADO DA ARTE E POSICIONAMENTO DESTE TRABALHO .....	29
<b>3</b>	<b>EXPERIMENTO SOBRE INCONSISTÊNCIAS COM O USO DO PROCEDIMENTO DE ELICITAÇÃO TRADEOFF .....</b>	<b>31</b>
3.1	DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO.....	31
3.2	RESULTADOS OBTIDOS.....	40
<b>3.2.1</b>	<b>Apresentação de resultados descritivos gerais.....</b>	<b>40</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Discussão dos resultados .....</b>	<b>51</b>
3.3	SÍNTESE DO CAPÍTULO .....	55
<b>4</b>	<b>ANÁLISE COM FERRAMENTAS DE NEUROCIÊNCIAS.....</b>	<b>57</b>
4.1	DISCUSSÃO DE RESULTADOS DA ANÁLISE COM <i>EYE-TRACKING</i> .....	57
4.2	DISCUSSÃO DE RESULTADOS DA ANÁLISE COM EEG.....	64
<b>4.2.1</b>	<b>Banda alfa .....</b>	<b>65</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Banda teta .....</b>	<b>78</b>
4.3	INSIGHTS DO ESTUDO COMPORTAMENTAL PARA MELHORIA DO PROCEDIMENTO TRADEOFF .....	93

4.4	SÍNTESE DO CAPÍTULO.....	94
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>95</b>
5.1	CONCLUSÕES.....	95
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	97
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>99</b>
	<b>APÊNDICE A – RESULTADOS DOS TESTES T PAREADO.....</b>	<b>103</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os métodos de Decisão Multicritério (*Multi-Criteria Decision Making – MCDM*) constituem abordagens formais que auxiliam os decisores a organizar e sintetizar informações. Além disso, estes métodos conduzem o procedimento de tomada de decisão de uma maneira mais clara e confortável, visando minimizar arrependimentos e buscando a estruturação das reais preferências do decisor (BELTON; STEWART, 2002).

Como apontado por Simon (1955), a racionalidade é limitada em processos de tomada de decisão e a análise de *pay-offs* é cansativa ao decisor. Kahneman (2011) continuou os estudos baseados nas ideias de Simon, então, começou-se a discutir a influência de aspectos subjetivos sobre a decisão. Essa nova linha de pesquisa é importante, dado que decisores estão sujeitos a fragilidades, tais como vieses, inconsistências e irracionalidades em seus pontos de vistas (FRENCH; MAULE; PAPAMICHAIL, 2009). Inconsistências estão presentes, de forma significativa, em muitos processos de tomada de decisão e podem afetar os resultados.

Nesse aspecto, a neurociência tem papel importante permitindo a mensuração de reações psicofisiológicas que, ao serem analisadas, se transformam em indicadores de características subjetivas que influenciam situações de tomada de decisão. Essa área de estudo tem sido chamada de *Decision Neuroscience*, que surge com uma nova perspectiva de análise de tomada de decisão, favorecendo o estudo de ferramentas de modelagem de preferências e promovendo a ampliação do conhecimento da real estrutura de preferência do decisor (DE ALMEIDA *et al.* 2016).

Em relação aos métodos de eliciação de preferência, o procedimento de eliciação baseado em *tradeoff* é axiomáticamente robusto, ao contrário da maioria dos outros procedimentos utilizados, permite a incorporação de uma função valor intracritério não linear, por isso mostra-se vantajoso em relação aos demais (DE ALMEIDA, 2013). Esse procedimento estabelece comparações entre várias consequências apresentadas ao decisor, baseado nas ideias de *tradeoff* e exige que todas as relações de indiferenças sejam encontradas. Essa exigência gera dificuldade para definir o ponto de indiferença entre as consequências, o que leva a 67% dos seus dados a resultados inconsistentes (WEBER; BORCHERDING, 1993).

Dessa forma, o presente trabalho visa analisar dados inconsistentes em um projeto de pesquisa utilizando o procedimento *Tradeoff* para eliciação das preferências do decisor. Essa investigação busca oportunidades de melhorias no processo de tomada de decisão

incorporando aspectos subjetivos, cognitivos, com ferramentas de neurociência, pois essas ferramentas apresentam abordagem multidisciplinar que facilita o entendimento de variáveis psicofisiológicas. Nesse trabalho foram utilizados os equipamentos eletroencefalograma (EEG) e *Eye-tracking*, que capturam respostas involuntárias do corpo humano e essa análise conjunta enriquece o entendimento da interação do decisor com o sistema de apoio à decisão (SAD) do procedimento *Tradeoff*.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Apesar do desenvolvimento da área de decisão multicritério, do crescente número de aplicações e estudos para apoiar processos de decisão, aspectos subjetivos do processo ainda são lacunas na literatura (RIABACKE; DANIELSON; EKENBERG, 2012). A Teoria do Valor do Multiatributo (MAVT) é amplamente utilizada para resolução de problemas de tomada de decisão multicritério e dos procedimentos de elicitación de preferência. O procedimento *Tradeoff* tem base axiomática importante quando se trata de problemas de medição de “pesos” que, nos métodos aditivos, são chamados de constante escala e o procedimento *Tradeoff* é uma das opções para obter essa medição, porém estudos indicam que 67% dos seus dados geram inconsistências (WEBER; BORCHERDING, 1993).

Mais da metade dos dados do procedimento gera inconsistência, sendo este um ponto relevante de investigação. Muitos são os métodos para auxiliar decisores a respeito do tratamento de situações de tomada de decisão multicritério. No entanto, estes, majoritariamente, não incorporam as suas estruturas informações comportamentais que influenciam o processo. Logo, é nessa fragilidade que as ferramentas de neurociência agem, facilitando a análise de fatores comportamentais durante a aplicação do procedimento *tradeoff*, com base na medição de dados fisiológicos involuntários ao decisor.

Buscando analisar as situações de inconsistência que ocorrem em muitos processos de decisão, esta dissertação investiga as situações de inconsistências em processos de tomada de decisão para a resolução de problemas com múltiplos critérios incorporando diversos aspectos psicológicos a fim de evidenciar padrões de problemas com inconsistências nos sistemas de apoio à decisão.

## 1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Este subtópico apresenta o objetivo geral e delimita etapas ou objetivos específicos para atingir esse objetivo central do trabalho.

### 1.2.1 Objetivo geral

O objetivo do estudo é investigar as inconsistências provenientes da aplicação do procedimento *tradeoff* em relação ao experimento de apoio à decisão com utilização de ferramentas de neurociência, bem como obter *insights* e evidências do impacto de dados inconsistente.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Verificar o percentual das inconsistências resultante da aplicação do procedimento *tradeoff*
- Descrever os resultados das decisões nas etapas do procedimento *tradeoff*;
- Analisar os dados consistentes e inconsistentes com as ferramentas de neurociência;
- Investigar diferenças entre as amostras consistentes e inconsistentes com o auxílio de ferramentas estatísticas;
- Elaborar hipóteses acerca da influência de dados inconsistentes e recomendações para o analista.

## 1.3 METODOLOGIA

A metodologia sistematiza o problema de pesquisa e descreve como o trabalho é feito por meio dos passos adotados pelo pesquisador e da lógica por trás deles. Assim, não é suficiente saber calcular os índices estatísticos ou como aplicar técnicas específicas para o estudo, mas também é necessário saber qual desses métodos se enquadra na pesquisa, quais técnicas são relevantes e por que (KOTHARI, 2004).

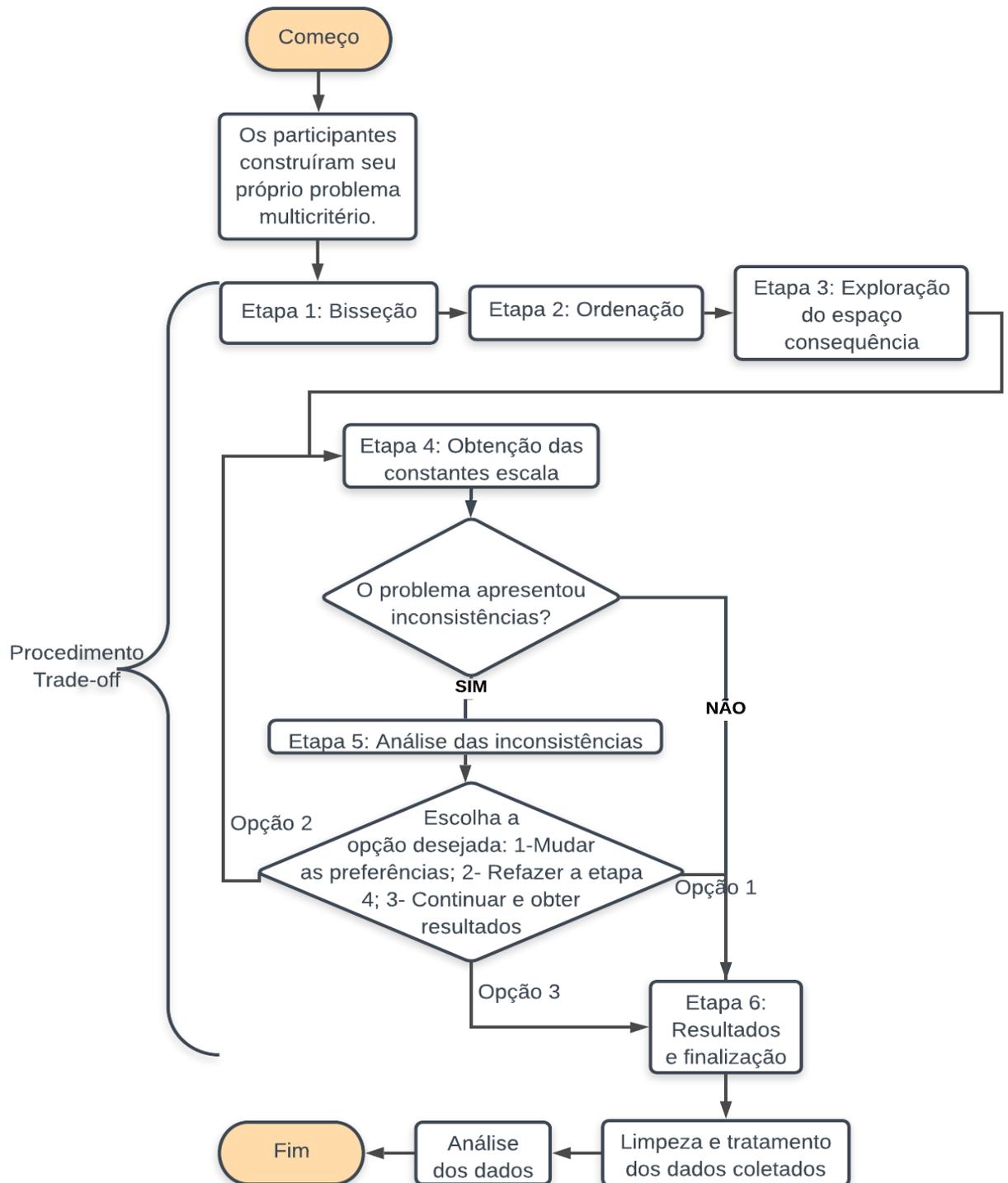
O delineamento de métodos de pesquisa são estratégias de investigação, que, segundo Creswell (2014), podem ser de três tipos: quantitativa, qualitativa e mista. A pesquisa quantitativa traduz números, opiniões e informações por meio de técnicas estatísticas. Inclui experimentos e estudos de correlação por exemplo. A qualitativa considera a subjetividade que não se traduz em números, como pesquisa narrativa, fenomenologia, etnografias e estudos teóricos fundamentados. O método misto une os dois métodos anteriores. Por meio de análise, o pesquisador expande as descobertas de um método com outro. Assim, esta coleta dados quantitativos e qualitativos ao mesmo tempo e, então, integra as informações para interpretação dos resultados.

Assim, esta dissertação se enquadra como método misto com características quantitativas e qualitativas. Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, pode ser considerada como uma pesquisa bibliográfica, pois foi elaborada com base em material já publicado, constituído principalmente de livros e artigos de periódicos (GIL, 2002).

É também classificada como Pesquisa Exploratória, com intuito de proporcionar maior familiaridade ao problema, formulando investigação e desenvolvendo hipóteses de trabalho a fim de obter ideais e *insights* sobre o tema de pesquisa (KOTHARI, 2004). Para a investigação, inicialmente foi desenvolvido um experimento com a aplicação do procedimento *Tradeoff*, que foi aprovado pelo comitê de ética da Universidade Federal do Pernambuco (UFPE) e teve a participação de 73 pessoas, com idades entre 18 e 41 anos com média de 25 anos, alunos da graduação e pós-graduação que estavam matriculados na disciplina de Decisão Multicritério do curso de engenharia de produção.

Dessa forma, durante a disciplina, esses alunos criaram seu próprio problema multicritério que serviu como *input* ao sistema *tradeoff*, ou seja, cada participante resolveu seu próprio problema. Assim, a amostra dos problemas no experimento foi diversificada, abordando: seleção de fornecedor, de materiais, escolha que equipamento, problemas de manutenção, financeiros, entre outros. Da mesma forma, os problemas apresentaram desde 3 a 11 critérios, com as mais diversas alternativas. Todos os participantes estavam em condições normais de saúde durante o experimento e possuíam visão normal ou normalmente corrigida com lentes, o que não prejudicou o experimento. A figura 1 ilustra os passos do experimento:

Figura 1 – Fluxograma das etapas do experimento Tradeoff



Fonte: a autora (2020).

## 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em cinco capítulos e um apêndice. No Capítulo 1, é apresentado o contexto geral da pesquisa, descreve os pontos importantes desta, apresenta, de forma breve, o tema abordado, sua relevância, objetivos do trabalho e introduz a metodologia do trabalho.

No capítulo 2, abordam-se o estado da arte e a revisão bibliográfica sobre o tema. Nesse capítulo abordam-se assuntos que são a base para o desenvolvimento da pesquisa, como métodos multicritérios, procedimento *Tradeoff* e aspectos cognitivos na tomada de decisão.

No capítulo 3, estrutura-se o planejamento da pesquisa e a metodologia proposta, descrevendo as etapas do processo de forma detalhada, não deixando dúvidas dos métodos utilizados, apresentando como foram executados os experimentos, bem como a discussão dos resultados descritivos iniciais.

No capítulo 4, apresenta-se a análise dos dados coletados com o *eye-tracking* e com o EEG, discutindo hipóteses de pesquisa e verificando como os resultados se comportam na amostra de dados consistentes e inconsistentes.

Por fim, no Capítulo 5, é feita uma conclusão sobre os resultados obtidos, como também as contribuições da dissertação, as recomendações de melhoria e trabalhos futuros a cerca do tema de pesquisa.

O Apêndice ilustra os resultados de testes estatísticos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem como objetivo apresentar a base teórica encontrada na literatura sobre os assuntos que fundamentam e norteiam a temática tratada nesta pesquisa, assim como comenta as publicações mais recentes e relevantes sobre decisão, análise da subjetividade nos processos de tomada de decisão e neurociência.

### 2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este subtópico aborda a base conceitual utilizada no trabalho, que consiste em três tópicos que serão apresentados a seguir: Decisão Multicritério e Modelagem de Preferências, o procedimento de elicitação *tradeoff* e neurociência em decisão.

#### 2.1.1 Decisão multicritério e modelagem de preferências

O ambiente em que as decisões são tomadas está cada vez mais complexo, as exigências são crescentes e podem ser traduzidas por meio de políticas públicas, regulamentações, como leis ambientais, de saúde, segurança ocupacional e social que levam o processo de tomada de decisão a conter restrições além de aspectos financeiros.

Situações em que o decisor possui duas alternativas de ação, ou mais, para serem escolhidas e múltiplos objetivos envolvidos que muitas vezes são conflitantes, caracterizam problema de decisão multicritério, ou seja, não há solução que seja melhor em todos os critérios de forma simultânea (DE ALMEIDA, 2013). O mesmo autor diz que o decisor se depara com vários conflitos a depender do tamanho do problema, número de critérios e alternativas, buscando a alternativa de melhor desempenho ou compromisso com todos os critérios.

A abordagem multicritério busca as preferências do decisor durante o processo de tomada de decisão, para identificar a melhor alternativa de ação que apresenta o melhor desempenho entre os critérios considerados. São inúmeras as decisões multicritérios que nos deparamos ao longo da vida, uma das mais importantes é escolher o curso de graduação, o que assusta muitos jovens por exigir quantidade considerável de critérios e alternativas. Em organizações, as decisões tomadas impactam as mais diversas esferas corporativas e afetam a competitividade.

Análise de Decisão Multicritério (MCDA) é uma ferramenta que incorpora o juízo de valor dos decisores a fim de alcançar alternativas ótimas, utilizando diversos métodos de otimização para classificar alternativas e identificar a melhor entre elas ou o conjunto de alternativas aceitáveis (VUCIJAK; KURTAGIC; SILAJDZIC, 2016).

Existem várias classificações para os métodos MCDM. Uma delas usa duas classes importantes que consideram a racionalidade do decisor e, portanto, são básicas para a escolha do método que representará a estrutura de preferência do decisor, a saber, (DE ALMEIDA, 2011):

- métodos compensatórios: podem ser chamados também de métodos únicos de síntese e sua noção intuitiva de compensação sugere que uma quantidade de desvantagem em um critério poder compensado em uma vantagem em outro, ou seja, considera *tradeoff* entre eles, agregando os critérios em uma função fruto da síntese das compensações, destacam-se como exemplos dessa categoria MAUT, SMART e AHP.
- Métodos não compensatórios: não existe relações de *tradeoff* nesses métodos, uma vez que não há compensação. Há uma ordenação, uma hierarquia dos objetivos, por isso são chamados também por métodos de sobre classificação. Alguns exemplos são as famílias dos métodos ELECTRE e PROMETHEE.

Nos processos de tomada de decisão, existem vários atores que podem influenciar, mesmo que não exerçam o poder sobre a decisão, mas podem estar envolvidos de forma indireta ou direta no processo (ROY, 1996; DE ALMEIDA, 2013). São eles:

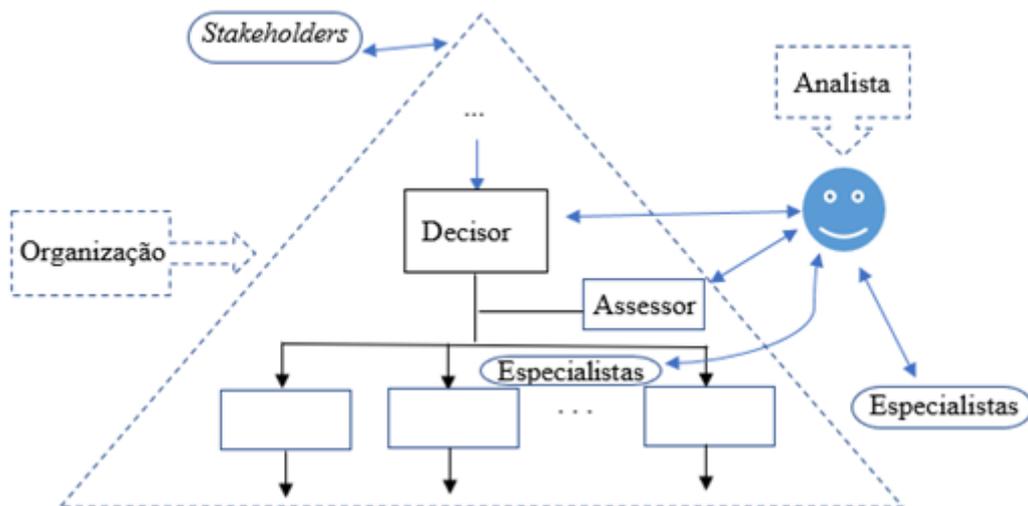
- Decisores: é deles que se extraem informações para a construção da estrutura de preferência, pois são os responsáveis pela tomada de decisão.
- Analista: o analista é responsável pela modelagem do problema de decisão, fornecem suporte metodológico ao processo decisório. Tem papel importante para o entendimento do problema e obtenção de informações relevantes por meio da sua interação com o decisor ou alguém por ele designado.
- Cliente: em situações em que o decisor não tem disponibilidade para se dedicar ao processo de construção do modelo de decisão juntamente ao analista, nesse caso, um cliente ou preposto é designado para efetuar este trabalho. O cliente é um intermediário, geralmente alguém muito próximo ao decisor.
- Especialista: é o profissional que conhece o objeto de estudo e fornece ao analista informação sobre o problema em análise, podendo existir mais de um especialista

para análise de um ou mais objetivos.

- *Stakeholders*: são atores que exercem influência sobre o decisor, pois, geralmente, são afetados pela decisão tomada.

A figura 2 demonstra como esses atores se relacionam durante o processo de tomada de decisão.

Figura 2 – Interação dos atores no processo de tomada de decisão.



Fonte: adaptado de De Almeida (2013).

Conforme é ilustrado, o analista tem papel importante de conduzir e obter as informações necessárias por meio da interação com os atores. Em relação aos *stakeholders*, estes exercem pressão sobre a decisão a ser tomada. Dessa forma, os atores, cada um com seu grau de participação, influenciam no processo de tomada de decisão, que, segundo Simon (1960), possui três estágios. No entanto, atualmente, foram acrescentados novos estágios com contribuições posteriores que, na sua maioria, são das áreas de gestão, informação e sistemas de decisão (DE ALMEIDA, *et al.* 2015).

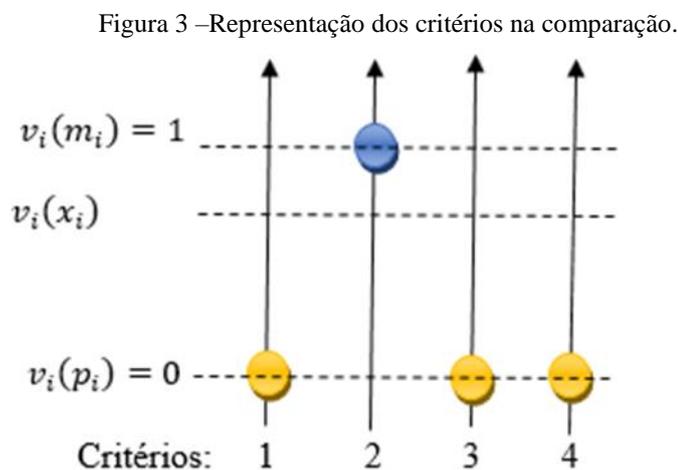
### 2.1.2 Procedimento de elicitação *Tradeoff*

Muitos problemas complexos de decisão envolvem múltiplos objetivos conflitantes e às vezes existirá alternativa não dominante que será a melhor em relação as demais alternativas quando se considera o valor global de todos os objetivos. No contexto de decisões multiobjetivo, há busca por maximizar vários objetivos simultaneamente, contudo, muitas

vezes não é possível maximizar os benefícios e, ao mesmo tempo, minimizar custos, não se pode, necessariamente, maximizar lucro e minimizar o risco. Na realidade, o que se tem é um “acordo” entre os objetivos, uma compensação, em que um ganho em um significa abdicar de uma parcela do outro, ou seja, tem-se o *tradeoff* (KEENEY; RAIFFA, 1993).

Esse procedimento possui alto rigor no que tange à estrutura axiomática e permite a incorporação de uma avaliação intracritério com funções valores não lineares, sendo assim um diferencial dentre os outros métodos (DE ALMEIDA, 2013). Segundo o autor, os *tradeoffs* são vistos entre várias consequências por meio das comparações apresentadas ao decisor e essas consequências são organizadas de acordo com o espaço consequência representando os critérios. Dessa forma, são apresentadas consequências com melhor e pior performance, representadas respectivamente por  $m_i$  e  $p_i$ , para o critério  $i$  e  $x_i$  representa a performance intermediária, resultando na relação de preferência:  $m_i P x_i P p_i$ .

Como exemplificado nos estudos de De Almeida (2013), a figura 3 representa um problema com quatro critérios que apresenta pior performance ( $p_1, p_3, 4$ ) e a melhor ( $m_2$ ). Com escala entre 0 e 1, em que  $v_i(p_i) = 0$  e  $v_i(m_i) = 1$  Conforme ilustrado na figura:

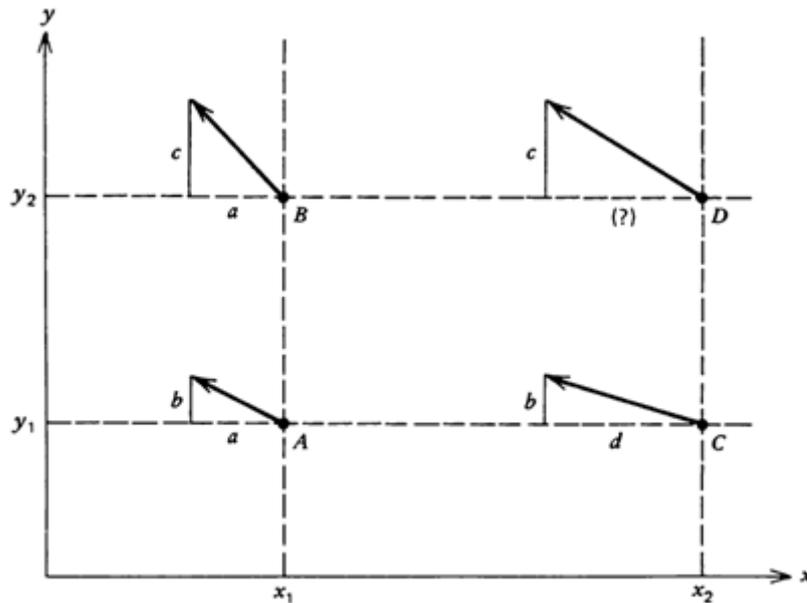


Fonte: adaptado de De Almeida (2013)

$$v(p_1, m_2, p_3, p_4) = \sum_{i=1}^4 k_i v_i(x_i) = k_2$$

Assim, a equação é o somatório das constantes escala. A ideia de *Tradeoff* é algo que muitas vezes se faz mentalmente mesmo sem tanto conhecimento sobre o assunto, mas na literatura uma obra muito importante do detalhamento desse assunto foi escrita por Keeney e Raiffa (1993), onde, pode-se observar a seguinte condição de *Tradeoff*:

Figura 4 – Representação do Tradeoff.



Fonte: Keeney e Raiffa (1993).

A taxa de substituição é consistente com uma função valor aditiva quando for igual a  $d$ . Então, afirma-se que em  $(x_1, y_1)$ , na figura 4, um aumento de  $b$  em  $Y$  vale a taxa de  $a$  para  $X$ . Para  $(x_1, y_2)$  um aumento de  $c$  em  $Y$  vale a taxa de  $a$  em  $X$ . Para  $(x_2, y_1)$  um aumento de  $b$  em  $Y$  vale uma taxa de  $d$  em  $X$ . Por fim, para  $(x_2, y_2)$  um aumento de  $c$  em  $Y$  equivale a que taxa em  $X$ ? se a resposta for  $d$ , diz-se que esses valores são válidos e satisfazem as condições de *Tradeoff* (KEENEY; RAIFFA, 1993).

Para ilustrar a interação do analista com decisor durante o processo, tem-se um diálogo que exemplifica um problema com atributos  $X$  e  $Y$ , em que  $X(a)$  tem um intervalo de 0 a 100 e  $Y(a)$  tem um intervalo de 5 a 15. Desse modo o analista questiona o decisor “suponha que  $Y$  está em 10 e  $X$  em 20, se  $Y$  diminuir em 1 unidade, quanto seria necessário de  $X$  para compensar  $Y$ ? me dê uma resposta aproximada”

Em relação às etapas do procedimento *Tradeoff*, De Almeida (2013) sugere a seguinte estruturação:

- etapa 1: a avaliação intracritério, que consiste em estabelecer a função valor para cada critério identificando se a função é linear ou não linear.
- etapa 2: verifica-se a preferência em relação as consequências, ordenando-as da melhor para a pior

- Etapa 3: exploração do espaço consequência, buscando obter varias comparações entre as consequências buscando obter inequações entre elas para facilitar ao decisor visualizar suas preferências em relação às consequências e melhorar sua avaliação.
- Etapa 4: obtenção da relação entre as constantes escala, ou seja, variar o valor de  $x_i$  entre  $m_i$  e  $p_i$  para um determinado critério, para encontrar relações de indiferença e estabelecer as relações entre as constantes escalas.
- Etapa 5: nessa fase, repete-se o passo 4 para os critérios restantes, e verifica-se os valores para cada  $k_i$ .
- Etapa 6: na finalização, devem-se verificar se os dados das comparações e informações das preferências estão consistentes com a função valor  $v(x)$  obtida.

### 2.1.3 Neurociências em decisão

Os estudos de Simon (1955) foram intrigantes e até os dias atuais são feitas pesquisas mostrando que a racionalidade é limitada em processos de Tomada de Decisão. Essas pesquisas buscam compreender variáveis que não são consideradas nos processos decisórios, mas que influenciam a tomada de decisão como: os sentimentos relacionados ao ambiente da decisão, as emoções desencadeadas pelo objeto de decisão, experiências prévias na tomada de decisão, entre outros aspectos psicológicos que influenciam o tomador de decisão (PLOUS, 1993).

A neurociência proporciona maior esclarecimento sobre variáveis que afetam o processo de decisão e que não são controladas pelo decisor como processo de avaliação de situações de forma consciente e inconsciente, percepção sobre a realidade por meio da atuação dos diversos órgãos sensoriais, atuação da memória, dos hormônios no processo de tomada de decisão frente a diversas situações cotidianas, relacionamento com outras pessoas, entre outros temas pouco explorados na literatura (EAGLEMAN, 2015).

Uma técnica frequentemente utilizada, apesar de ser uma medida indireta da atividade cerebral, é o rastreamento ocular (*eye-tracking*). O rastreamento ocular pode determinar onde a atenção está mais concentrada por meio da visualização do caminho e da fixação do olhar em função do estímulo apresentado, assim como, apresenta medidas de dilatação da pupila e o piscar dos olhos. Dessa forma, é possível analisar como o observador percebe todo o processo

e o que o chama atenção (KLOOSTERMAN *et al.*, 2015). Ainda, o diâmetro da pupila pode ser usado como uma métrica implícita de incerteza (GENG *et al.*, 2015). E, em situações difíceis, com esforço cognitivo, a dilatação da pupila pode informar os limiares da decisão (LAENG; SIROIS; GREDEBÄCK, 2012).

Além disso, os dados do *eye-tracking* podem ser correlacionados com os dados do Eletroencefalograma (EEG) para corroborar os resultados. Este, por sua vez, é uma ferramenta que envolve medidas dos eventos relacionados aos potenciais cerebrais (ERPs), por meio da captação de atividade elétrica cerebral. Esse equipamento possui alta resolução temporal e permite localização da ativação de áreas corticais de forma bastante precisa e seus dados coletados são ondas que representam atividades cerebrais, tais com: onda beta associada ao processamento cognitivo (nível de atenção, por exemplo) e a relação entre ondas alfa e beta que definem a intensidade do padrão emocional (SHIV *et al.*, 2005).

Durante os experimentos, existe a captura de dados cerebrais, assim como são gravados dados de movimentos. Esses dados não neurais são chamados de artefatos. O tratamento desses artefatos foi apresentado por James e Gibson (2003) que abordam formas para auxiliar esse processo de limpeza dos dados, diminuindo, assim, o impacto de dados não neurais nas análises de neurociência.

Figura 5 – eletroencefalograma Emotiv Epoc+.



Fonte: site emotiv (2019).

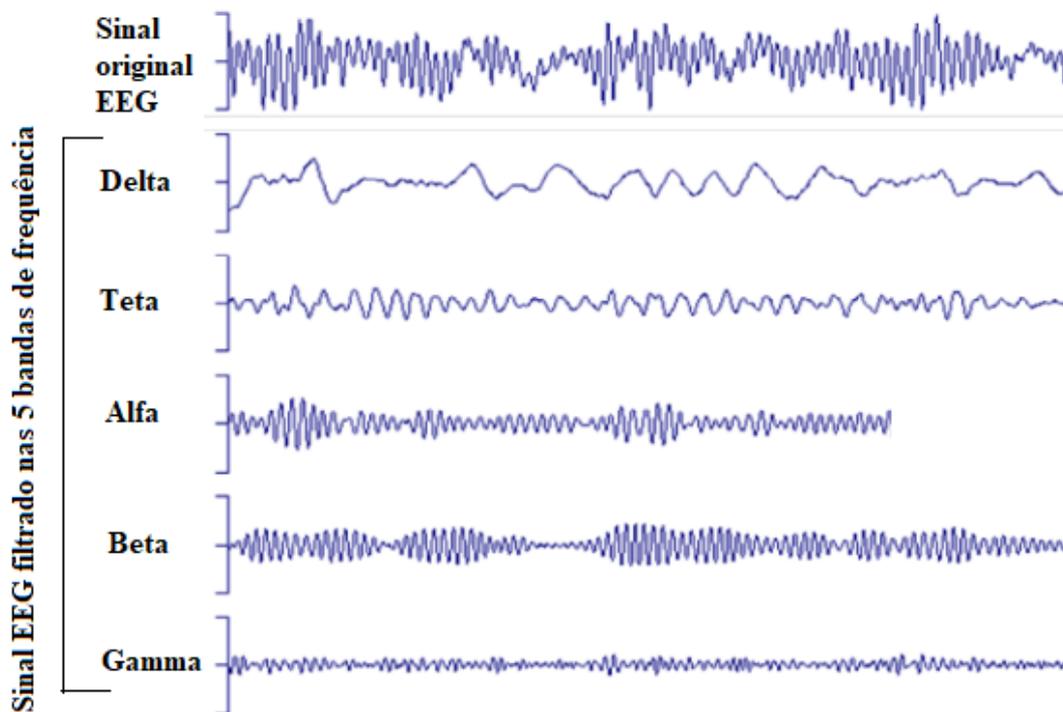
Figura 6 – Eye-tracking.



Fonte: site Tobii studio.

Os potenciais elétricos coletados com o EEG podem ser quantificados e classificados em cinco bandas de diferentes frequências, delta (1 a 4 Hz), teta (4 a 8 Hz), alfa (8 a 13 Hz), beta (14 a 30 Hz) e gama com valor aproximado entre 30 e 100 Hz (URIGÜEN; GARCIA-ZAPIRAIN, 2015). Assim a figura 7 ilustra o sinal original como é coletado e cada banda que compõe esse sinal.

Figura 7 – Representação da frequência das bandas.



Fonte: adaptado de Fingelkurts; Fingelkurts; Neves (2010).

A atividade na banda alfa sobre o córtex parietal tem sido relacionada à atenção e processos de tomada de decisão de forma consciente (KLIMESCH, 2012). Segundo Palva e Palva (2007), a frequência alfa tem sido associada à função inibitória do cérebro e, portanto, é assumida uma relação negativa com os níveis de ativação neural. Por sua vez, oscilações na banda teta parecem estar mais relacionadas ao processamento de novas informações, enquanto a atividade da banda alfa está relacionada com o acesso a informações que representam conhecimento (KLIMESCH, 2012). O mesmo autor aborda que a banda beta pode refletir controle cognitivo e gama provavelmente está associado a uma variedade de processos perceptivos e cognitivos.

Considerando-se que a banda alfa tem influência inibidora nas atividades cerebrais, valores negativos de assimetria frontal alfa indicam baixos níveis de motivação e engajamento (REZNIK; ALLEN, 2018). Existem evidências de que o aumento da atividade da banda teta pode estar relacionada às atividades complexas: fadiga, baixo engajamento e níveis baixos de esforço cognitivo (WASCHER *et al.*, 2014; FISCHER; PERES; FIORANI, 2018)

No estudo de Harmony (2013), os resultados sugerem que o aumento de potência das frequências delta durante tarefas mentais estão associados à inibição das características sensoriais, ou seja, participaram da inibição da resposta motora que interfere na concentração interna. Muitos estudos fazem a análise *Frontal alpha asymmetry (FAA)* ou Assimetria frontal Alfa que consiste na diferença dos hemisférios esquerdo e direito na frequência da banda alfa (DAVIDSON *et al.*, 1990). De forma mais específica, pode-se associar uma maior atividade frontal esquerda a uma tendência de resposta mais intensa a estímulos afetivamente positivos; enquanto uma maior atividade frontal direita está associada a um aumento de tendência a resposta mais intensa a estímulos negativos (REZNIK; ALLEN, 2018).

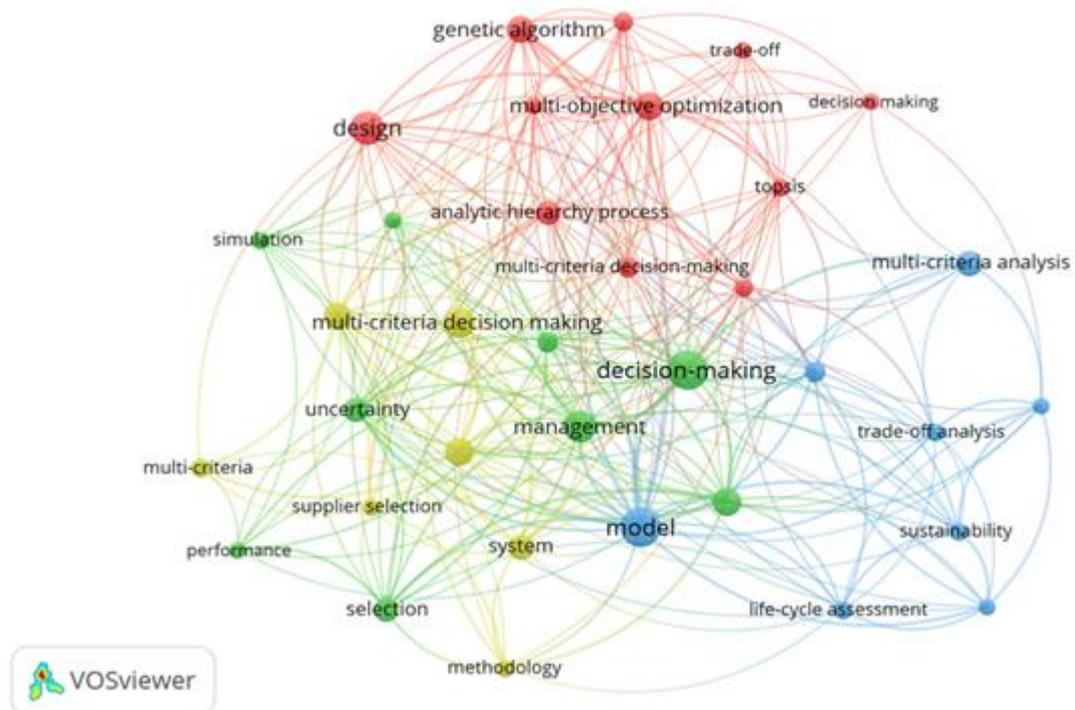
## 2.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE ANÁLISE COMPORTAMENTAL E DECISÃO MULTICRITÉRIO

Nesta seção são apresentados trabalhos importantes publicados nas áreas de interesse desta pesquisa, mapeando trabalhos que abordam decisão multicritério, neurociência e inconsistências em processos de tomada de decisão. Inicialmente, mapearam-se, na base *Web Of Science*, estudos que tinham como tópico *Multi-criteria decision making* e *tradeoff* para analisar o que está sendo estudado nessa área.

Como resultado para esses dois tópicos de pesquisa foram encontrados 146 artigos, considerando-se como filtro apenas artigos em inglês, então, a análise desses dados ocorreu a partir da utilização do *software* VOSviewer para construção de redes de relacionamento dos termos encontrados. Assim, foram criados de grafos baseados em co-ocorrência de palavras-chave por meio de seleção da opção “*all keywords*”, que resultou na figura 8.

Na figura 8, foram identificados 4 *clusters*, o primeiro, em vermelho, possui 11 termos; o segundo, em verde, possui 9 termos, o terceiro em azul possui 8 termos e o quarto e ultimo em amarelo com 7 termos. Esse mapa permite visualizar termos e conceitos mais presentes na literatura e o relacionamento entre eles. Embora a rede ilustre vários termos, observa-se que termos de pesquisas com foco em análise comportamental como “*inconsistency*”, “*neuroscience*” “*behaviour analyses*”, “*preference structure*” ainda não possuem número

Figura 8 - Grafo de palavras-chave da produção registrada na Web Of Science.

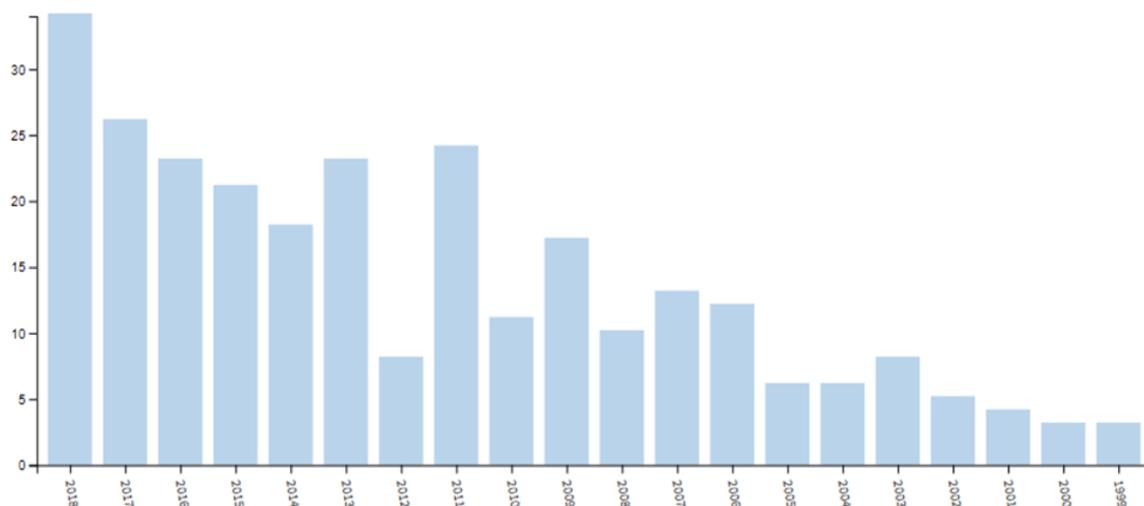


Fonte: da autora (2020).

Dessa forma, buscando apresentar o delineamento do tema na literatura, foram realizadas pesquisas na web of Science com palavras-chaves como “*multicriteria methods*”, “*multiattribute decision*”, “*preference structure*”, “*decision behaviour*”, “*multicriteria analysis*”, “*cognitive limits*” e “*decision support systems*”, para visualizar o crescimento do

número de publicações entre 1995 e 2018. O resultado dessa busca pode ser visualizado no gráfico 1:

Gráfico.1 – registros da literatura (1995–2018) na base WOS.



Fonte: web of Science (2019).

Pode-se observar o crescimento do número de publicações nesse tema ao longo dos anos. Os resultados obtidos são discutidos a seguir.

### 2.1.1 Decisão multicritério

Decisão multicritério é uma ramificação da pesquisa operacional que vem ganhando espaço na literatura. O processo de decisão multicritério é um procedimento complexo e, apesar de já existirem diversos métodos de modelagem de preferência, eles ainda são incomuns na vida real, em virtude de serem, muitas vezes, de difícil compreensão e exigirem muito esforço cognitivo do decisor. (RAZMAK; AOUNI, 2015)

A ponderação do peso de critérios é uma etapa importante da análise de decisão multicritério que está sendo amplamente abordada nos estudos em MCDM. Németh *et al.* (2019) descrevem as vantagens e desvantagens de vários métodos de ponderação, compilando os resultados da comparação entre os métodos: *Direct weighting*, SMART combinado com SWING, AHP, MACBETH, DCE: *Discrete choice experiments*; PAPRIKA: *Potentially all pairwise rankings of all possible alternatives*, CA: *Conjoint analysis*.

Foram avaliados seus requisitos de recursos, *software*, complexidade e potencial de viés e encontrou-se que métodos mais complexos podem ter menos potencial de viés; no entanto, os requisitos e complexidade são maiores para esses métodos, o que permite a conclusão de que a seleção do método mais apropriado depende do contexto de tomada de decisão (NÉMETH *et al.*, 2019).

Kim e Ahn (2019) apresentam a ideia de análise multicritério com base no método VIKOR que é caracterizado pelo *tradeoff* entre a utilidade máxima do grupo e o mínimo arrependimento. Assim, é proposto o VIKOR para analisar informações incompletas, método que utiliza *ranking* de alternativas usando a agregação dos pontos das alternativas.

Os conhecimentos em multicritérios são utilizados por Scott *et al.* (2015) para propor um método de suporte à decisão para seleção de fornecedores e alocação de pedidos em ambientes estocásticos, com várias partes interessadas e com vários critérios. Os autores evidenciam que esta é uma decisão que envolve várias partes e que possui muitos critérios conflitantes e que na literatura muito se discute sobre o assunto, no entanto, os trabalhos abordam, separadamente, técnicas de tomada de decisão, estudos sobre seleção de fornecedores e modelos matemáticos, assim eles propõem uma integração visando analisar esses aspectos de maneira conjunta. A eficácia do modelo foi aplicada e validada nesse trabalho.

Mais um exemplo de seleção de fornecedor é apresentado por Shen *et al.* (2013), que discute mudanças nos critérios de seleção. Muitas empresas começaram a implementar o gerenciamento da cadeia de suprimentos verde (GSCM) e a considerar questões ambientais e a medição do desempenho ambiental de seus fornecedores. Assim, propõe-se abordagem *fuzzy*, para traduzir as percepções subjetivas humanas de vários critérios para avaliação de fornecedores ecológicos e essas preferências linguísticas são combinadas por meio do *fuzzy* TOPSIS para gerar uma pontuação geral de desempenho para cada fornecedor. Para resolver a incerteza da subjetividade do julgamento, os autores ainda propuseram, para pesquisas futuras, a utilização de *grey system theory*.

As ferramentas MCDA foram incorporadas aos sistemas e geraram os sistemas de suporte a decisões com múltiplos critérios (Multi-Criteria Decision Support Systems MCDSSs) e muitos estudos nas mais diversas áreas são conduzidos utilizando essa ferramenta um exemplo são os estudos de Cruz-Ramirez *et al.* (2012) que relataram o uso de um DSS para atribuir um fígado de um doador a um receptor em espera maximizando a probabilidade de pertencer à classe de sobreviventes um ano após o transplante. Assim, o novo sistema

considera não apenas o primeiro da lista de espera, mas também os cinco principais candidatos a receber o órgão. Ao aplicar estudos experimentais e amostras hospitalares, esse sistema auxilia os médicos a decidirem, objetivamente, qual potencial destinatário deve receber o órgão, seguindo os princípios de justiça, equidade e eficiência.

Jullien *et al.* (2012) apresentaram um DSS para seleção de filmes para o Festival Internacional de Cinema de Animação, organizado anualmente em Annecy, na França. As preferências são alcançadas usando o método de Grabisch para representar e agregar as preferências dos decisores. Esse método consiste em encontrar um operador de agregação média generalizada representando as preferências de um decisor, em um contexto finito de escala ordinal.

Eles usaram o procedimento para lidar com inconsistências entre critérios e notas gerais e como ferramentas de explicação para o modelo de preferência de cada decisor, a fim de facilitar o processo de deliberação e também para aumentar a decisão de seleção. Como resultado, essas informações permitem aos decisores comparar seu comportamento preferencial e, assim, entender as causas de seus conflitos. Então, as ferramentas desenvolvidas experimentalmente foram empregadas com sucesso, mostrando menos tempo gasto.

Um estudo proposto por De Almeida *et al.* (2016) apresenta nova abordagem chamada de *FITradeoff* que usa informações parciais sobre as preferências do tomador de decisão para determinar a alternativa mais preferidas em um conjunto especificado de alternativas de acordo com um modelo aditivo no escopo da MAVT (Teoria dos Valores MultiAtributos). O método usa o conceito de elicitación flexível e interativa para melhorar a aplicabilidade do procedimento tradicional de elicitación *tradeoff*. No *FITradeoff*, não são exigidas muitas informação do decisor, o qual não precisa fazer ajustes pela indiferença entre duas consequências (*tradeoff*) como no método tradicional.

A fim de auxiliar a tomada de decisão nas compras *online*, Mansouri *et al.* (2011) sugeriram otimização multiobjetivo para que as empresas não apenas se tornem mais eficazes no gerenciamento de suas cadeias de suprimentos, mas também aprimorem o atendimento ao cliente. Nesse estudo um suporte à decisão baseado em otimização multiobjetivo é capaz de fornecer uma curva de *tradeoff* ao cliente quanto ao custo geral e prazo de entrega de cada plano de entrega. Esse sistema considera o *status* atual dos pedidos, os níveis de estoque no depósito, os estoques disponíveis nos armazéns dos fabricantes (para entregas pontuais) e as rotas planejadas para os caminhões, além de fornecer ao cliente várias opções para: o tempo

de entrega e custo. A análise do *tradeoff* especificará a rota, caminhão, fonte de suprimento e data de entrega, juntamente ao custo total associado de compra e entrega a ser pago pelo cliente.

No contexto de gestão ambiental, Soltani *et al.* (2015) dizem que o gerenciamento de resíduos sólidos municipais é um processo complicado que envolve múltiplos critérios ambientais e socioeconômicos. Os autores abordam que os tomadores de decisão precisam de estruturas de suporte à decisão que possam orientar a definição de alternativas, a seleção de critérios relevantes e definição de seus pesos para buscar uma solução adequada. A pesquisa tinha como objetivo identificar abordagens e tendências ao considerar várias partes interessadas em situações de tomada de decisão em gestão de resíduos sólidos municipais, usando estruturas de suporte para decisões baseadas em análise de decisão multicritério.

### **2.1.2 Análise comportamental e Neurociência**

Neste tópico são apresentados estudos que fazem análises de comportamento durante a decisão e/ou utilizam ferramentas de neurociência como *eye-tracking* e EEG. Pesquisas em Sistemas de Informação (SI) estão cada vez mais interessadas na abordagem de neurociência, pois elas constituem uma ferramenta que permite o desenvolvimento de novas teorias sobre *Human computer interaction* (HCI) (MORIDIS *et al.*, 2018). O autor aponta exemplos de ferramentas comumente usadas em pesquisas de neurociência cognitiva como *functional magnetic resonance imaging* (fMRI) e *electroencephalography* (EEG). Este sendo o mais frequente nas pesquisas por seu custo inferior.

É possível prever o que as pessoas farão apenas por meio de observação? Esse é um questionamento proposto por Cavanagh *et al.* (2014) que, em seus estudos, demonstraram a existência de relação entre a dilatação da pupila e decisão. Nesse trabalho eles usam uma tarefa de escolha binária de valor induzido para investigar como o diâmetro da pupila está relacionado ao processo de tomada de decisão latente. Especificamente, eles primeiro treinam indivíduos para aprender a diferença de valor de três pares de estímulos, após o treinamento, os sujeitos realizam uma série de problemas de escolha binária entre todas as combinações possíveis dos seis estímulos que aprenderam na fase de treinamento. A principal descoberta sugere que o diâmetro da pupila está positivamente correlacionado ao limiar de decisão.

No contexto de decisão com risco, Stewart; Hermens e Matthews (2016) analisaram um experimento em que os participantes faziam escolhas sob risco enquanto eram registrados

seus movimentos oculares e identificaram o padrão: as pessoas escolhem a aposta para a qual olham com mais frequência, independentemente dos números reais que veem.

Uma das análises comumente feitas com *eye-tracking* é referente a fixações. Orquin ashby e clarke (2016) discorrem que, geralmente, as fixações são atribuídas aos objetos usando um método conhecido como área de interesse (AOI) que, idealmente, inclui todas as fixações pertencentes a um objeto enquanto as fixações para outros objetos são excluídas, mas, infelizmente, devido à imprecisão da medição e à distância insuficiente entre objetos, as distribuições de fixações nos objetos podem se sobrepor, resultando em um problema de detecção de sinal. Dessa forma os autores sugerem que os limites da AOI possam ser vistos como limiares para determinar a taxa de fixações positivas verdadeiras e falsas atribuídas a um objeto, pois há a possibilidade de que as distribuições dos dados de diferentes objetos se sobreponham.

Uma análise pupilométrica foi feita por Fehrenbacher e djasasbi (2017), nos seus experimentos, a carga cognitiva foi manipulada de duas formas: a primeira solicitando que os usuários tomem decisões o mais rápido possível e a segunda exigindo que os usuários forneçam justificativa para suas decisões. Assim, o experimento foi conduzido com quatro situações sensível ao tempo ou não e com ou sem justificativa, uma das evidências encontradas foi que a pressão do tempo aumentou a dilatação da pupila ao concluir uma tarefa de decisão. Os casos que exigiam que os tomadores de decisão justificassem sua decisão diminuíram a dilatação ocular e as tarefas mais exigentes apresentaram diminuição da variação média da dilatação da pupila.

Um estudo sobre como os consumidores frequentemente tomam decisões sobre quanto estão dispostos a pagar (WTP) por produtos e serviços específicos foi conduzido por Ramsøy *et al.*(2018), os autores estavam interessados em testar se a ativação específica do cérebro, a assimetria no envolvimento do córtex pré-frontal estariam relacionadas à escolha do consumidor. Os participantes viram produtos e, posteriormente, decidiram quanto estavam dispostos a pagar por cada produto, usando o EEG.

Os resultados demonstraram que a assimetria pré-frontal na banda de frequência gama e uma tendência na banda de frequência beta, registrada durante a visualização do produto, estavam, significativamente, relacionadas às respostas WTP subsequentes. A assimetria frontal na banda alfa não foi relacionada às decisões de WTP. Além de sugerir mecanismos neuropsicológicos separados de escolha do consumidor, descobriu-se que uma medida

específica, a assimetria gama pré-frontal, estava mais fortemente relacionada às respostas de WTP e estava mais associada à fase de decisão real.

Um exemplo de aplicação da análise de assimetria frontal é proposto por Ramsøy *et al.* (2018) que buscou entender se envolvimento do córtex pré-frontal estaria relacionado à escolha do consumidor, para tanto, em seus estudos calcularam o *prefrontal asymmetry index (PAI)* ou índice de assimetria pré-frontal para as bandas alfa, gama e teta que consiste na subtração entre o eletrodo AF3 (hemisfério esquerdo) e o eletrodo AF4 (hemisfério direito) dividido pela soma dos dois eletrodos, ou seja,  $(AF3-AF4)/(AF3+AF4)$ .

Os autores apresentam que a medida alfa (PAI $\alpha$ ) tem um sinal inverso ao da gama e beta; pois valores de potência na banda alfa são inversamente proporcionais à atividade cerebral enquanto, nas bandas gama e beta, os valores de potências são diretamente proporcionais a atividade cognitiva. Os resultados demonstraram que a assimetria pré-frontal na banda de frequência gama e uma tendência na banda de frequência beta registrada durante a visualização do produto estavam significativamente relacionadas às respostas dos consumidores.

### 2.3 SÍNTESE DO ESTADO DA ARTE E POSICIONAMENTO DESTE TRABALHO

A neurociência é utilizada nas mais diversas áreas, exatas, biológicas, humanas, e vem crescendo nos últimos anos. O interesse em neurociência vem aumentando, pois contribui com novos indicadores para diversas análises comportamentais que podem ser avaliadas de inúmeras formas. Khushaba *et al.* (2013), em seu trabalho, analisam os comportamentos fisiológicos dos sujeitos em um problema de escolha de *cookies*. As características do *cookie*, como forma, sabor e cobertura variaram e representaram os atributos da decisão.

Vários trabalhos têm sido publicados sobre o tema da dilatação da pupila e sua ligação com os processos cognitivos (BEATTY, J., LUCERO-WAGONER, 2000), como atenção (LAENG; SIROIS; GREDEBÄCK, 2012), memória (GOLDINGER; PAPESH, 2012) e esforço mental (JUST; CARPENTER; MIYAKE, 2003). Além disso, pesquisas utilizam o eletroencefalograma (EEG) por ser uma das ferramentas não invasivas para investigar a atividade cerebral (LAKSHMI; PRASAD; PRAKASH, 2014).

Dessa forma as oscilações no cérebro podem fornecer uma maneira de entender como os neurônios do cérebro interagem durante os processos cognitivos (BAŞAR *et al.*, 2001). Estudos indicam que a região frontal do córtex atua como comandante supremo na tomada de

decisões sob risco de gestão econômica. Cohen e Aston-jones(2005) mostraram que o córtex pré-frontal medial fornece o *feedback* para a recompensa esperada, e o córtex orbito frontal participa da caracterização do valor alvo na fase de seleção da decisão; além disso, é mais provável que o córtex orbito frontal seja ativado por tomada de decisão sem risco do que tomada de decisão baseada em risco.

Assim, existem diversos trabalhos que abordam os assuntos de decisão, neurociência, mas ainda são poucos os trabalhos que estudam decisão multicritério analisando aspectos cognitivos e neurociência em conjunto. Além disso, um dos desafios, ao incorporar análises com neurociência, são os custos atrelados às ferramentas, custos monetários, pois não são ferramentas baratas, custo com treinamento do pesquisador, pois são muitos procedimentos para incorporar essa análise e custo de tempo, pois todo o procedimento do pré ao pós experimento demanda tempo considerável.

Assim, este trabalho visa contribuir com análises de inconsistências do procedimento *Tradeoff* que são pesquisas escassas na literatura e análise comportamental, com ferramentas de neurociências, de modo a obter *insights* sobre o impacto e relação das inconsistências durante o processo de tomada de decisão.

### 3 EXPERIMENTO SOBRE INCONSISTÊNCIAS COM O USO DO PROCEDIMENTO DE ELICITAÇÃO TRADEOFF

Nos subitens deste capítulo, são discutidos, primeiramente, a metodologia da pesquisa, o contexto do experimento, ilustrando as etapas do procedimento *tradeoff* conforme discutido no capítulo 2. Dessa forma, esse capítulo esclarece como foi a aplicação do procedimento *Tradeoff*, assim como demonstra de que forma foram conduzidas as análises dos dados e os resultados obtidos.

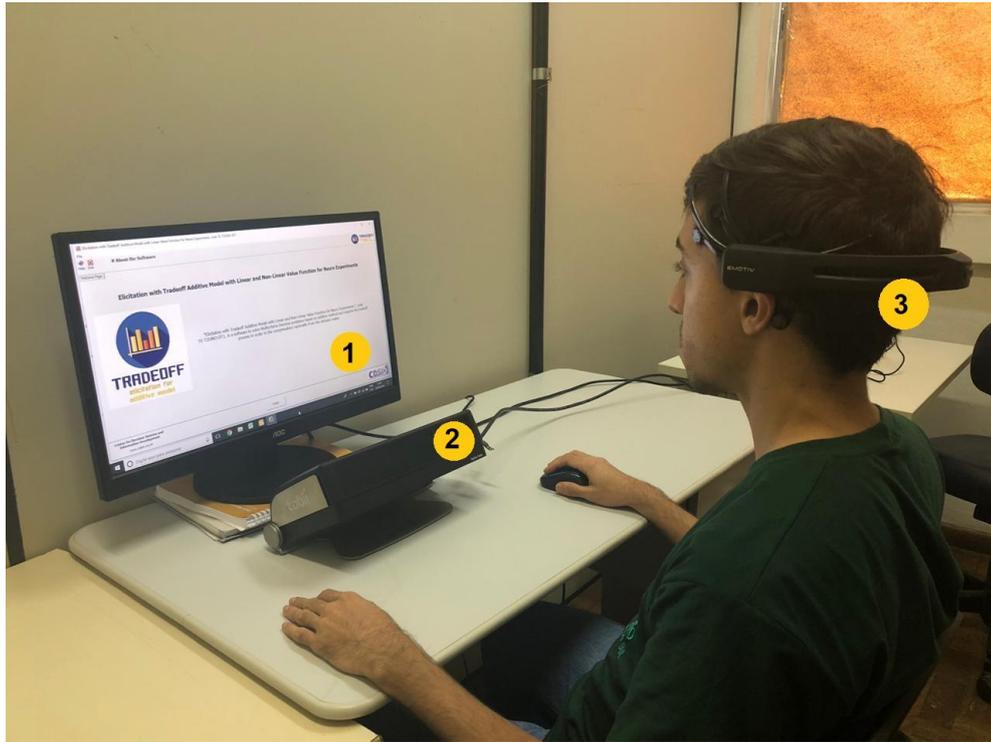
#### 3.1 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento consistiu em uma tomada de decisão com a aplicação do problema multicritério que os alunos propuseram na disciplina de decisão multicritério no *software* do procedimento *tradeoff*, desenvolvido no Centro de Desenvolvimento em Sistemas de Informação e Decisão (CDSID), assim o experimento constou com os mais diversos tipos de problemas. Antes de iniciar o experimento, todos os participantes passaram por um procedimento padrão que consistia na leitura de instruções sobre o experimento e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) que é um documento que garante a proteção dos dados do participante e necessitou de aprovação prévia do projeto de pesquisa junto ao Comitê de Ética da Universidade Federal de Pernambuco.

Os equipamentos utilizados possuem boa qualidade na gravação dos dados, mas ações como movimentos e fala durante o processo dificultam a gravação dos dados cerebrais e da pupilometria, portanto, essa é uma das instruções importantes dadas antes de iniciar o experimento, porém se houve algum movimento voluntário ou não este será tratado na etapa de limpeza dos dados, amenizando, assim, os artefatos.

A disposição dos equipamentos utilizados no experimento foi padronizada conforme ilustra a figura 9. O número 1, indicado na imagem, mostra o *layout* inicial do *software Tradeoff*, o número 2 indica o dispositivo *eye-tracking* e o número 3 indica o equipamento de eletroencefalografia (EEG).

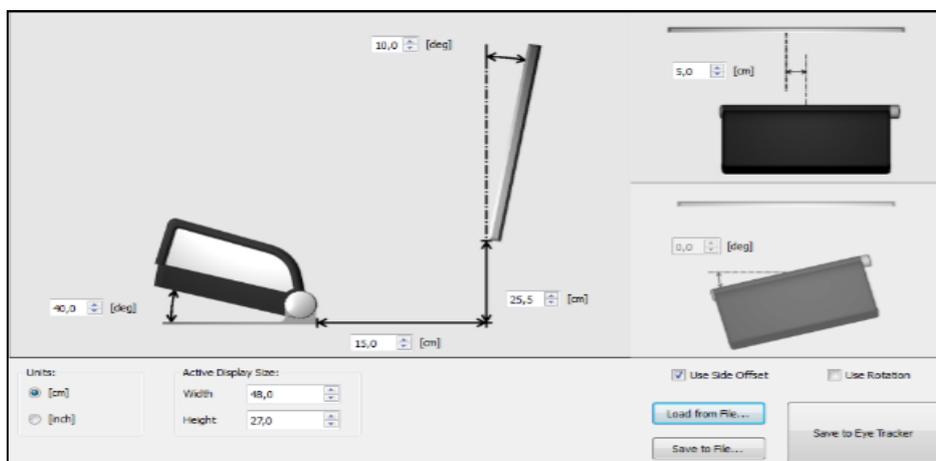
Figura 9 – layout do experimento com o procedimento Tradeoff.



Fonte: a autora (2020).

O equipamento foi acoplado a um Monitor HP de resolução 1920 x 1080 pixels e os participantes ficaram em torno de 60 cm de distância do monitor. Primeiramente, o EEG foi preparado para utilização e colocado no participante, em seguida o *Eye-tracking* foi configurado conforme ilustrado na figura 10.

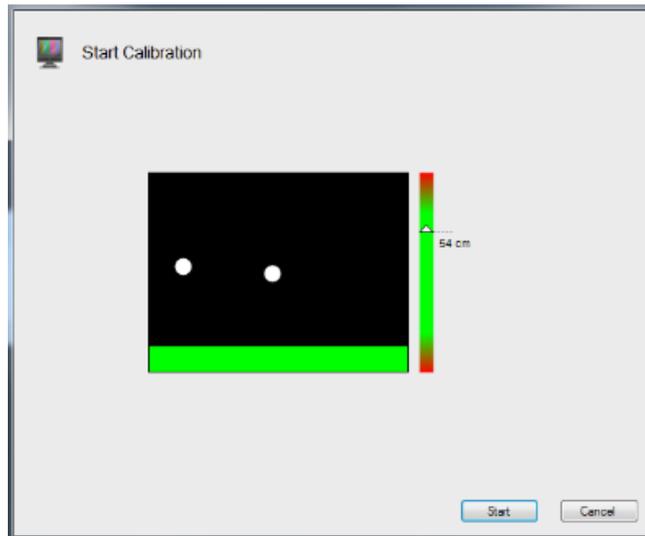
Figura 10 – Configuração Eye-tracking.



Fonte: a autora (2020).

A calibração é uma etapa essencial e feita com cuidado, pois o rastreador precisa de uma referência da configuração dos olhos para o mapeamento da direção do olhar e é nessa etapa que essa referência é obtida, dessa forma, o participante é orientado a olhar uma sequência de pontos à medida que eles surgem na tela. Posteriormente, é possível verificar a qualidade da calibração, assim, o analista avalia se pode ser aceita ou precisa ser refeita.

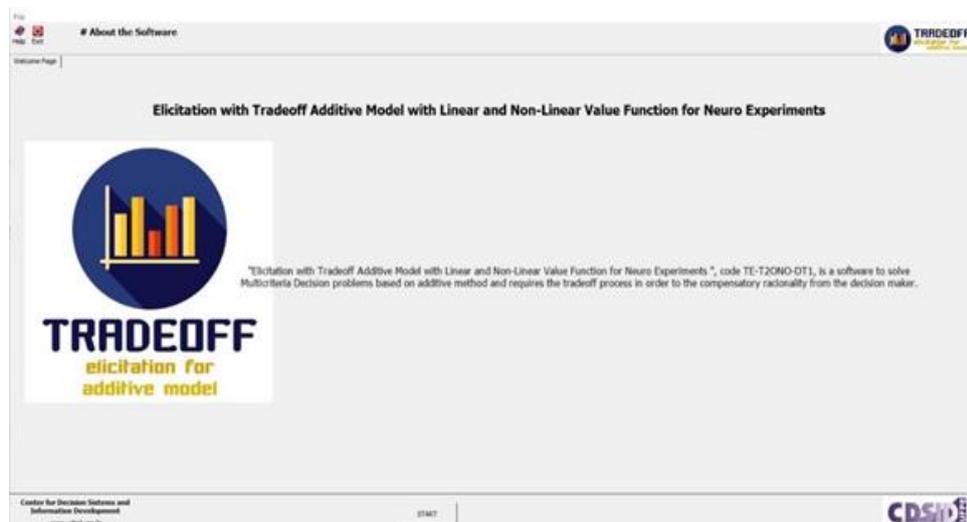
Figura 11 – Imagem da calibração.



Fonte: a autora (2020).

Sendo assim, após a calibração, tem-se a inicialização da gravação do *TOBII Studio* aparecendo a tela inicial do *Software Tradeoff*, conforme figura 12.

Figura 12–tela inicial do software Tradeoff.



Fonte: a autora (2020)

Nessa etapa o *software* ainda é manipulado pelo analista que clica em *Start* e seleciona o problema criado pelo participante foi enviado, previamente, como *input* do SAD. O decisor precisou informar na planilha os critérios, a preferência da direção (crescente ou decrescente), o tipo da natureza (natural, Proxy ou construído), a escala (monetária, numérica, verbal, litros, centímetros etc..), assim como as alternativas do problema e todos os valores do espaço consequência, seguindo o padrão de importação da planilha do problema conforme é exemplificado na tabela 1.

Tabela 1 – planilha padrão de importação do software tradeoff

<b>Criteria</b>	<b>Preço</b>	<b>Camera</b>	<b>Memory (gb)</b>	<b>Bateria (h)</b>
<b>Preference Direction</b>	Decrescent	Crescent	Crescent	Crescent
<b>Type</b>	Natural	Constructed	Natural	Constructed
<b>Scale</b>	\$ (Monetary Value)	Verbal Scale	\$ (Numeric Value)	Verbal Scale
Iphone X	5.139,00	5	256	12
Samsung S9	2.849,00	4	128	14
Moto g7	1.689,00	2	64	14
Galaxy J7	950,00	3	16	10
Iphone 7	2.749,00	1	32	10

Fonte: a autora (2020).

A tabela 1 ilustra o formato da planilha antes da importação no *software*, então, o problema é aberto e o participante pode rever seus dados e lembrar dos detalhes do problema, conforme ilustra a figura 13. No item critérios, pode-se ver o nome, a direção de preferência se é crescente ou decrescente, a natureza do critério (natural, construído, proxy). Na matriz de consequência, é ilustrada a matriz com todos os critérios, alternativas e valores. É possível ver também o conjunto de alternativas do problema e a escala.

Na figura 13, tem-se o exemplo de um problema de compra de celular, onde os critérios são preço, câmera, memória e bateria as alternativas disponíveis são 5 celulares diferentes, assim, nesse exemplo o decisor considera os valores do espaço consequência de acordo com os critérios e alternativas mostrados na tabela 1.

Figura 13 – planilha importada.

The screenshot shows the TRADEOFF software interface. The main window is titled 'Elicitation with Tradeoff Additive Model with Linear Value Function for Neuro Experiments, code TE-T20NO-DT1'. The 'Input Data' section is active, showing a summary of the problem. The 'Criteria' table lists five criteria: Price (R\$), Camera (MP), Memory (G), Battery (hou), and Screen Size (Crescent). The 'Consequences Matrix' table lists six alternatives: iPhone X, Samsung S9, Moto g7, Galaxy J7, and iPhone 7, with their respective values for each criterion. The 'Alternatives' table lists three alternatives: iPhone X, Samsung S9, and Moto g7. The 'Verbal Scale' table lists five evaluation levels: Very Satisfied (5), Satisfied (4), Average (3), Dissatisfied (2), and Very dissatisfied (1). A dialog box in the center of the screen says 'Problem Data entered successfully!' with an 'OK' button.

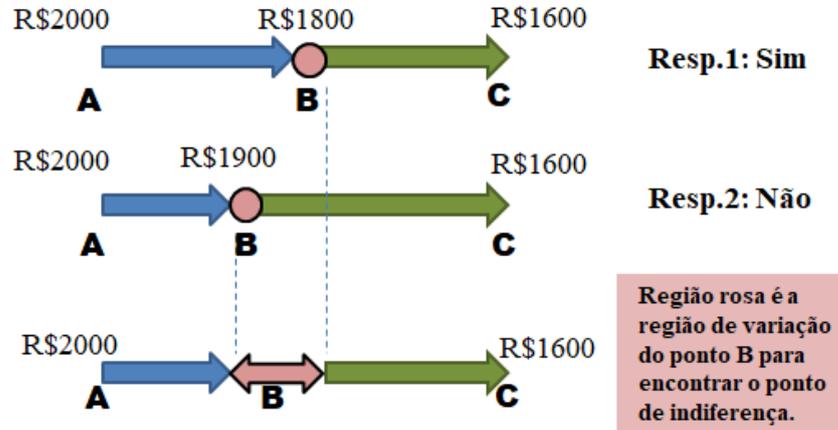
Fonte: a autora (2020)

A partir dessa etapa, o participante tem o poder de decidir e clicar em ok para iniciar o procedimento de elicitaco *tradeoff*. A primeira etapa é a avaliao da funo valor parcial que é feita por meio do método da bisseo. Ento, o decisor seleciona um critério para iniciar o procedimento.

Após ter selecionado o critério, o decisor precisa responder aos questionamentos do SAD, por exemplo, supondo que o critério selecionado   Preço e este tem preferência decrescente, ento, a pergunta será: “para você, uma diminuio em preço de um valor R\$2000 para R\$1800 é mais importante que uma diminuio de R\$1800 para R\$1600?”, o decisor possui 3 opoes de resposta. A primeira é a resposta “sim”, a segunda   “no” e a terceira é “indiferente”. Caso ele responda sim, o segundo intervalo de valor de R\$1800 para R\$1600 aumenta com o intuito de encontrar a zona de indiferença no atributo preço para o decisor. Desse modo, a pergunta agora seria “para você, uma diminuio em preço de um valor R\$2000 para R\$1900 é mais importante que uma diminuio de R\$1900 para R\$1600?”. Se a resposta para esse questionamento for no, o *software* identifica a regio de indiferença entre R\$1900 e R\$1800. Assim, o intervalo de R\$2000 para R\$1900 vai aumentando sem ultrapassar os R\$1800, com o mesmo intuito de encontrar a regio de indiferença, conforme ilustra a Figura 14.

Figura 14 – exemplificação da etapa 1.

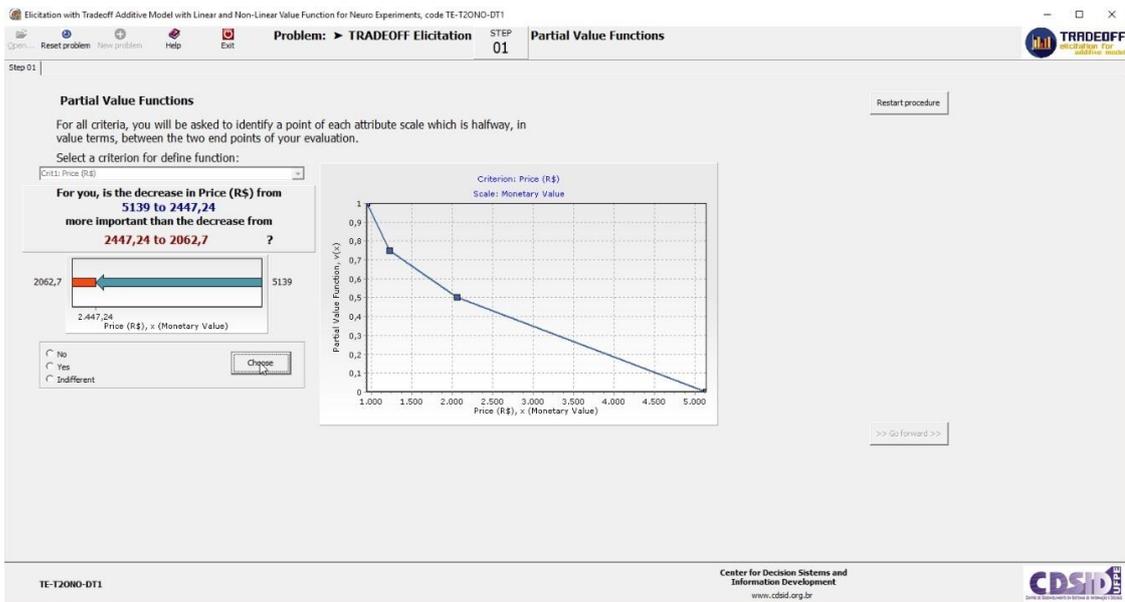
Para você, uma diminuição no atributo preço do ponto A para B é mais importante que do ponto B para C?



Fonte: a autora (2020).

No momento em que o decisor for indiferente entre os intervalos, esse ponto é gravado em um plano que fica visível ao decisor, formando um gráfico quando o indivíduo encontrar três pontos de indiferença, conforme figura 15.

Figura 15 – etapa bisseção.

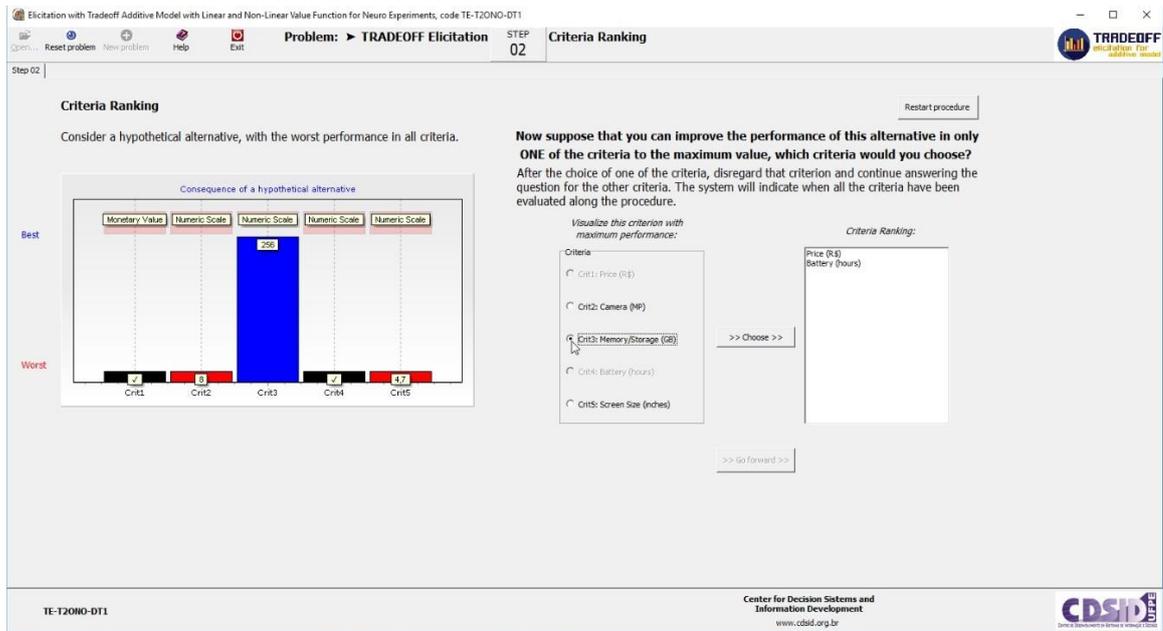


Fonte: a autora (2020).

Supondo que o critério é qualidade e é de preferência crescente, a pergunta formulada seria: “para você, um aumento no atributo qualidade do ponto A para B é mais importante que um aumento do ponto B para C?” Sua análise é semelhante ao que foi discutido, caso a resposta seja sim, o intervalo entre B e C cresce a fim de encontrar a indiferença.

A etapa de *ranking* (Figura 16) é uma das mais simples, pois o indivíduo precisa, apenas, informar a ordem das constantes escala dos critérios, ou seja, fazer um *ranking*, em que o primeiro critério escolhido, que será o primeiro nível da hierarquia, terá a constante escala na primeira colocação do *ranking*, tendo, assim, importância relativa maior para o decisor que o critério que foi alocado no nível seguinte da hierarquia e assim sucessivamente para todos os critérios do problema.

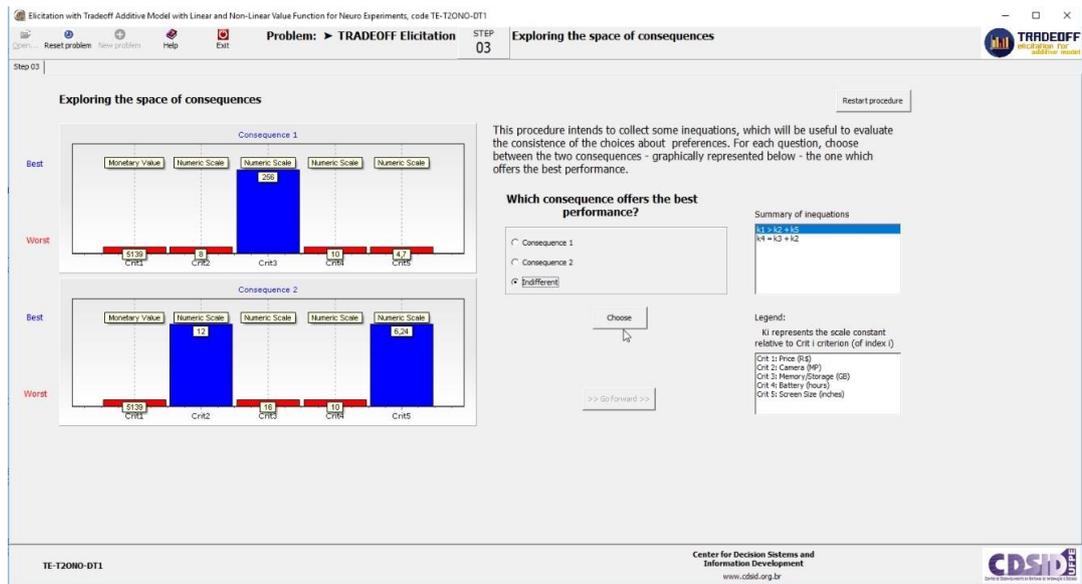
Figura 16 – etapa de ordenação.



Fonte: a autora (2020).

Na etapa de exploração do espaço consequência, Figura 17, são apresentadas ao decisor duas consequências comparando 1 critério de uma com 2 critérios da outra, o questionamento é: “que consequência oferece a melhor performance?”. Há três possíveis respostas, consequência 1, consequência 2 ou indiferença entre as consequências. Dessa forma, a partir das respostas do decisor, o *software* calcula a relação entre elas.

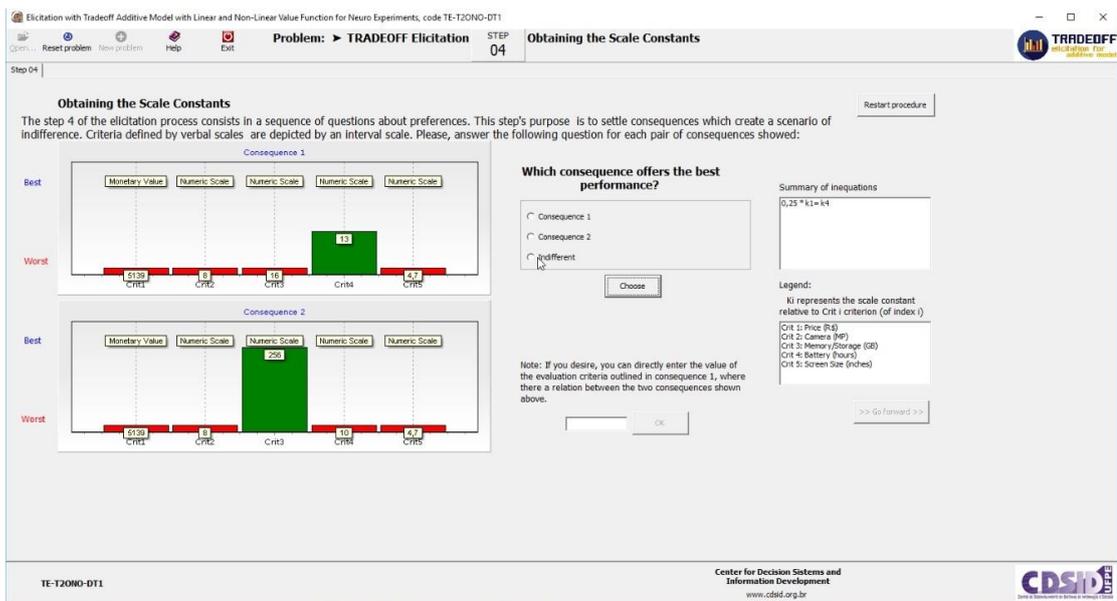
Figura 17– etapa de exploração do espaço consequências.



Fonte: a autora (2020).

A etapa de obtenção das constantes escala, figura 18, é semelhante a anterior, contudo, a comparação entre duas consequências agora é feita 1 critério da primeira com 1 critério da segunda, o questionamento é o mesmo “que consequência oferece a melhor performance?”, a diferença é que nessa etapa o critério de parada da comparação par a par entre as duas

Figura 18 – etapa de elicitación das constantes escalas.

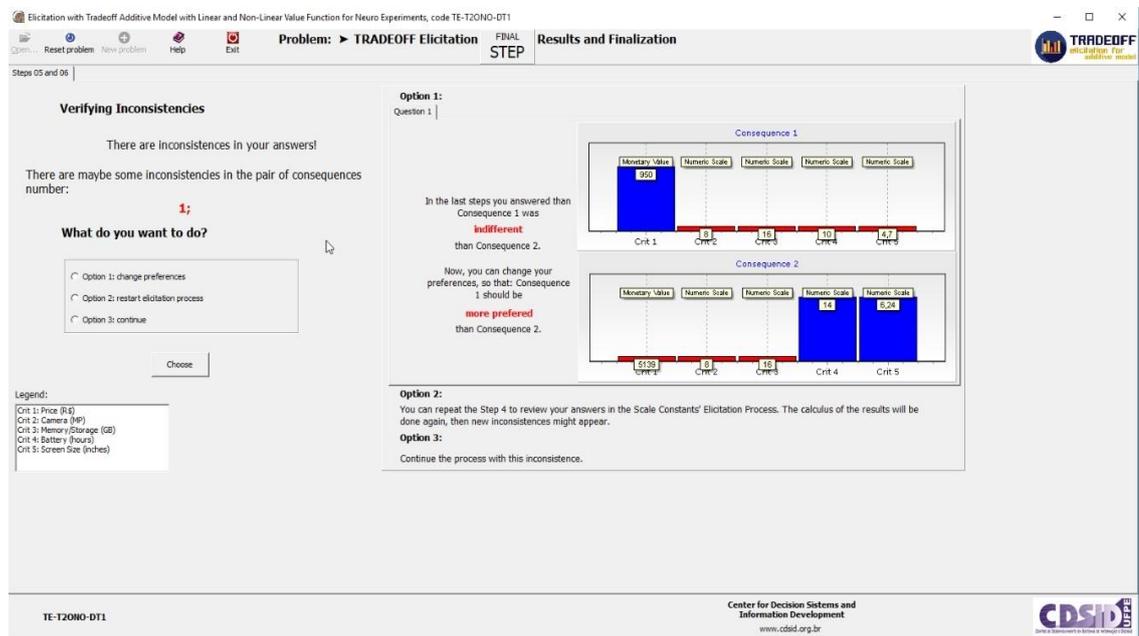


Fonte: a autora (2020).

consequências é a indiferença, visto que o objetivo é o cálculo das constantes escala, e, por meio da identificação dos pontos de indiferença, são definidas as equações.

Os experimentos que apresentaram inconsistências tiveram essa etapa adicional de verificação das inconsistências, conforme figura 19. Nessa etapa é questionado ao decisor que tipo de tratamento ele prefere em relação a(s) inconsistência(s), opção 1 significa mudar a avaliação holística, ou seja, transformar as inconsistências em dados consistentes, opção 2 significa refazer o processo de elicitación para os pares que geraram inconsistências e a opção 3 significa continuar com a inconsistências, e obter os resultados.

Figura 19 – Etapa de avaliação das inconsistências



Fonte: a autora (2020).

Após a avaliação das inconsistências, os participantes responderam a um questionário de satisfação com o procedimento, para auxílio a futuras atualizações e melhorias no *software*, conforme Figura 20.

Figura 20 – questionário

The screenshot shows a software window titled 'Elicitation with Tradeoff Additive Model with Linear and Non-Linear Value Function for Neuro Experiments, code TE-T20ND-DT1'. The window has a menu bar with 'Open', 'Reset problem', 'New problem', 'Help', and 'Exit'. Below the menu bar is a toolbar with icons for 'Open', 'Reset problem', 'New problem', 'Help', and 'Exit'. The main area is titled 'Survey Questionnaire' and contains the following text and questions:

Please, answer the questions below about the tradeoff process of your MCDM/A problem:

01) How much do you agree with the Tradeoff Final Result?

Totally agree  
 Partially agree  
 Indifferent  
 Partially disagree  
 Totally disagree

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

Step 02 - Criteria Ranking  
 Step 03 - Exploring the Space of Consequences  
 Step 04 - Obtaining the Scale Constants  
 Step 05 - Verifying Inconsistencies

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

Yes  
 No

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

Step 01 - Partial Value Functions  
 Step 02 - Criteria Ranking

The status bar at the bottom of the window displays 'TE-T20ND-DT1' on the left, 'Center for Decision Systems and Information Development www.cdsid.org.br' in the center, and the 'CDSID' logo on the right.

Fonte: a autora (2020).

## 3.2 RESULTADOS OBTIDOS

Neste item são discutidos os resultados exploratórios por meio da análise primeiramente em neurociências. São tratados, apenas, os dados de decisão que foram computados e armazenados no banco de dados do experimento.

### 3.2.1 Apresentação de resultados descritivos gerais

O resultado principal será a análise das amostras que possuam dados inconsistentes para investigação de fatores que levam ao fornecimento de respostas inconsistentes, identificando padrões no comportamento dos dados. Além disso, serão comparados critérios qualitativos com quantitativos e será verificada existência de diferença na quantidade de respostas consistentes. Nessa etapa da pesquisa, houve a consolidação dos dados do experimento do procedimento *tradeoff* em formato de planilha. Essa planilha é composta pelas seguintes informações:

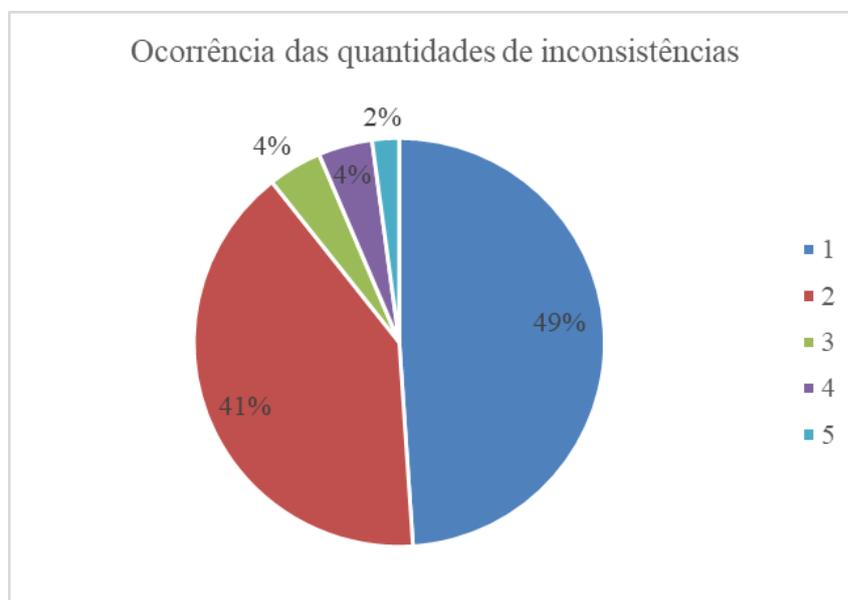
- código de identificação do participante;
- quantidade de critérios do problema, natureza e ordenação dos critérios; informações sobre a bisseção;

- informações da exploração do espaço consequência como, qual foi a resposta dada em cada questão e quais critérios e pares de critérios foram comparados nessa etapa;
- sobre a etapa de elicitación das constantes escala, a quantidade de perguntas totais, a quantidade de perguntas em cada comparação, quais critérios foram comparados e a natureza do par;
- na etapa de inconsistências, foram guardadas as informações de quantidade de inconsistências, o par que gerou a inconsistência e sua natureza, assim como a opção que foi escolhida pelo decisor.

A partir desses dados, é possível apresentar resultados exploratórios. Primeiramente, analisaram-se, descritivamente, os dados.

A análise demonstrou que, a respeito do total de 73 dados coletados, 47 geraram inconsistências, ou seja, houve 64,38% de inconsistências, percentual similar a 67% indicado na literatura para o procedimento *tradeoff* (Weber & Borchering, 1993). Em relação ao total de dados inconsistentes, foram estratificadas classes de quantidades de inconsistências para análise, conforme o gráfico 2.

Gráfico 2 – quantidade de inconsistências em porcentagem



Fonte: a autora (2020).

Com a descrição dos dados, é possível observar, no Gráfico 2, o percentual dos dados por quantidade de inconsistências. Para 1, 2, 3, 4 e 5 inconsistências, as porcentagens foram respectivamente, 49%, 41%, 4%, 4% e 2%.

Observa-se que a maioria dos dados que resultaram em inconsistência apresentaram, apenas, 1 ou 2 inconsistências, totalizando essas ocorrências 90% dos dados. A tabela 2 descreve a quantidade de ocorrências por quantidade de critérios por número de inconsistências geradas, a região cinza do gráfico mostra as ocorrências da quantidade de dados com 3 até 11 critérios que deram de 1 até 5 inconsistências. Pode-se observar que 23 participantes apresentaram apenas 1 inconsistência e a maior ocorrência refere-se a problemas contendo entre 4 e 5 critérios, que apresentaram 6 e 9 ocorrências respectivamente. Dados com 4 e 5 inconsistências tiveram ocorrências com problemas contendo entre 7 e 11 critérios.

Tabela 2 – descrição da quantidade de inconsistências

Quantidade de inconsistências	quantidade de dados	Quantidade de critérios							
		3	4	5	6	7	8	10	11
1	23	1	6	9	3	2	1	1	0
2	19	2	5	8	2	1	1	0	
3	2			1		1			
4	2					1			1
5	1							1	

Fonte: a autora (2020).

Na tabela 3, a primeira coluna apresenta o par comparado, sendo NN o par Natural-Natural, CC o par Construído-Construído, PP o par Proxy-Proxy, PN-NP a combinação dos critérios Proxy e Natural, PC-CP a combinação entre Proxy e Construído e CN-NC a combinação dos critérios Construído e Natural. A segunda coluna demonstra a quantidade total desses pares, a terceira coluna filtra a quantidade de inconsistências para cada tipo de par e a última coluna informa a porcentagem de inconsistência por par de critérios.

Tabela 3 – porcentagem de inconsistências por tipo de par

Natureza do par	Quantidade total	Quantidade de inconsistências	(%) de inconsistências
NN	142	37	26,06%
CC	63	13	20,63%
PP	2	2	100,00%
PN-NP	25	6	24,00%
PC-CP	9	2	22,22%
CN-NC	54	20	37,04%

Fonte: a autora (2020).

A tabela 4 descreve, na primeira coluna, a ordem do par que gerou a inconsistência, na segunda, a quantidade de pares nessa ordem que gerou inconsistências e, por fim, o detalhamento dessas inconsistências pela quantidade de critérios do problema. Por exemplo, na primeira linha, tem-se 22 ocorrências de inconsistências no primeiro par, desses 22 dados, 2 foram em problemas com 3 critérios, 8 em problemas com 4 critérios, 10 em problemas com 5 critérios, 0 para 6 critérios, 1 ocorrência em problemas com 7 critérios, 0 para 8 critérios, 1 para 20 critérios e 0 para 11 critérios.

Tabela 4 – descrição das inconsistências pela ordem do par

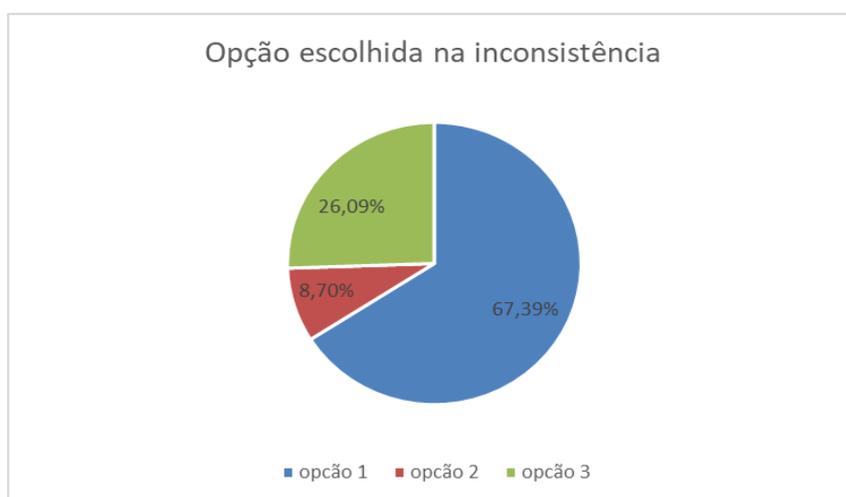
ordem do par que gerou inconsistência	Quantidade de ocorrências	Quantidade de ocorrências por quantidade de critérios							
		3	4	5	6	7	8	10	11
1	22	2	8	10	0	1	0	1	0
2	30	3	8	10	2	3	2	1	1
3	17	0	0	8	2	5	1	1	0
4	7	0	0	0	3	2	0	1	1
5	2	0	0	0	0	1	0	0	1
7	1	0	0	0	0	0	0	1	0
8	1	0	0	0	0	0	0	1	0
9	1	0	0	0	0	0	0	0	1

Fonte: a autora (2020).

Nota-se, no Gráfico 3, a porcentagem dos participantes que escolheram na etapa de análise de inconsistências uma das três opções disponíveis. Ao escolher a opção 1, o decisor muda as preferências dos dados inconsistentes. Para a opção 2, o decisor refaz o procedimento

de elicitação para os pares inconsistentes, caso opte pela opção 3, o decisor obtém os resultados mesmo com a inconsistência.

Gráfico 3 – descrição da quantidade de inconsistências



Fonte: a autora (2020).

A tabela 5 apresenta comparação dos resultados das inconsistências para aqueles que optaram por refazer a elicitação da inconsistência. A primeira coluna da tabela mostra os 4 casos em que a opção 2 foi a escolhida, ou seja, o decisor refez o procedimento de elicitação par ao par inconsistente. A segunda coluna mostra a quantidade de inconsistências e a terceira coluna o resultado após a reavaliação.

Tabela 5 – resultados da opção 2

Marcaram Opção 2		
caso	Nº de inconsistências	Nº de inconsistências após reavaliação
1	2	1
2	1	1
3	1	1
4	2	2

Fonte: a autora (2020).

A tabela 6 apresenta a quantidade média de perguntas para os dados inconsistentes feitas para cada comparação na etapa de elicitação. Na primeira linha da tabela, para primeira comparação, 47 problemas tiveram somados um total de 225 perguntas, ou seja, a quantidade média de perguntas para dados inconsistentes foi de 4,79 com moda 3, já para a terceira

comparação, 44 problemas tiveram 168 perguntas na etapa de elicitação das constantes escala, ou seja, constaram-se, em média, 3,82 perguntas com moda 2.

Tabela 6 – demonstração dos dados inconsistentes na fase de elicitação

<b>Elicitação dados inconsistentes</b>				
Comparação	Ocorrências	quantidade total de perguntas	quantidade média de perguntas	moda
1º	47	225	4,79	3
2º	47	226	4,81	3
3º	44	168	3,82	2
4º	33	105	3,18	1
5º	15	48	3,20	2
6º	10	26	2,60	1
7º	5	19	3,80	5
8º	3	12	4,00	5
9º	3	7	2,33	1
10º	1	1	1,00	1

Fonte: a autora (2020).

A tabela 7 é semelhante à tabela 05. Porém, apresenta a quantidade média de perguntas para os dados consistentes feitas para cada comparação na etapa de elicitação. Na primeira linha da tabela, para primeira comparação, 26 problemas somaram um total de 112 perguntas. Então, a quantidade média de perguntas, para dados consistentes, foi de 4,31 com moda 2. Para a terceira comparação, 22 problemas tiveram 78 perguntas na etapa de elicitação das constantes escala, ou seja, tiveram em média 3,54 perguntas com moda 2.

Tabela 7– demonstração dos dados consistentes na fase de elicitação

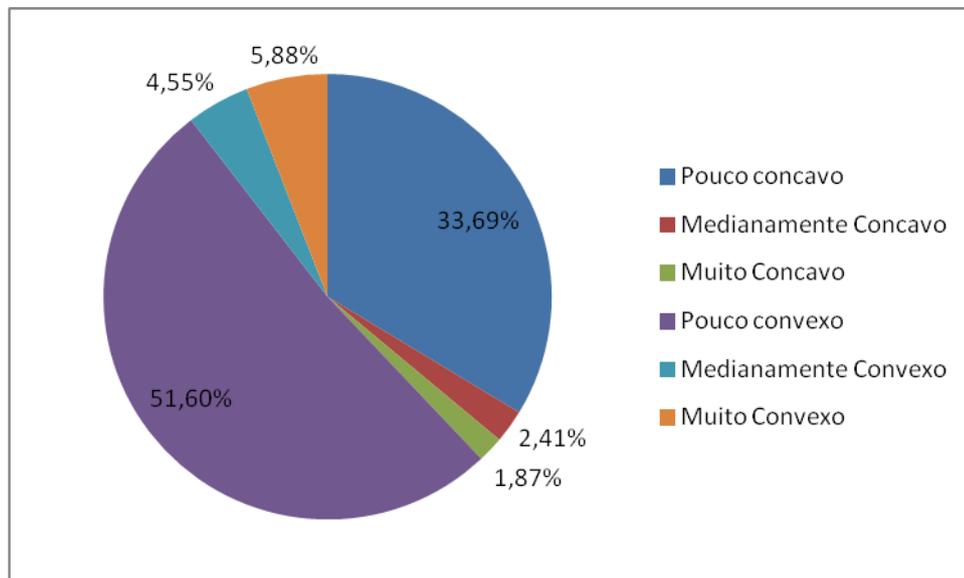
<b>Elicitação dados consistentes</b>				
pergunta	Ocorrências	Quantidade de perguntas	Quantidade média de perguntas	Moda
1º	26	112	4,31	2
2º	26	101	3,88	2
3º	22	78	3,55	2
4º	16	38	2,38	1
5º	3	7	2,33	3
6º	1	1	1,00	N
7º	1	2	2,00	N
8º	0	0	0,00	0
9º	0	0	0,00	0

10º | 0 | 0 | 0,00 | 0

Fonte: a autora (2020).

É possível observar, no gráfico 4, as porcentagens obtidas para cada tipo de comportamento identificado na etapa de definição da função valor parcial. Os resultados de funções medianamente côncavas, muito côncavas, medianamente convexas e muito convexas representam, respectivamente, 2,41%, 1,87%, 5,88% e 4,55%.

Gráfico 4 – descrição da função valor parcial na bisseção



Fonte: a autora (2020).

A tabela 8 descreve a quantidade de funções valores parciais por tipo de comportamento identificado. Por exemplo, na primeira coluna, são observados os 6 comportamentos, na segunda coluna, as quantidades totais de Função Valor Parcial (FVP) para cada comportamento, na terceira coluna, é identificada a quantidade de FVP que gerou inconsistências e, na última coluna, a porcentagem de inconsistências.

Tabela 8 – detalha o comportamento na Bissecção

Comportamento bissecção	FVP totais	FVP inconsistentes	(%) de inconsistência
Pouco côncavo	126	45	35,71%
Medianamente côncavo	9	4	44,44%
Muito côncavo	7	2	28,57%
Pouco convexo	193	61	31,61%
Medianamente convexo	17	11	64,71%
Muito convexo	22	8	36,36%

Fonte: a autora (2020).

Para observar o comportamento da FVP por natureza do critério, tem-se a tabela 9 que, na primeira coluna, ilustra os 6 comportamentos e descreve estes considerando o número de ocorrências por natureza para o total dos dados e para os dados inconsistentes. Por exemplo, na primeira linha, observando-se os dados totais, em relação aos que apresentaram um comportamento pouco côncavo na definição da função valor parcial, 19 são de natureza construído, 101 naturais e 4 proxy. Observando-se os dados inconsistentes, a respeito dos que apresentaram um comportamento pouco côncavo, 4 são construídos, 36 naturais e 3 proxy.

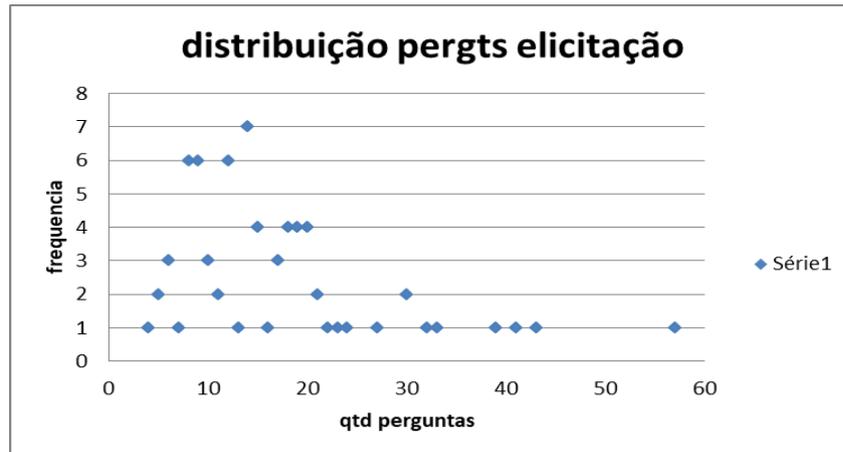
Tabela 9 – FVP por natureza do critério

FVP Bissecção	Dados totais			Dados inconsistentes		
	Construído	Natural	Proxy	Construído	Natural	Proxy
Pouco côncavo	19	101	4	4	36	3
Medianamente côncavo	2	9	0	0	6	0
Muito côncavo	5	1	1	2	0	0
Pouco convexo	76	101	17	22	34	5
Medianamente convexo	7	9	2	2	8	0
Muito convexo	13	8	0	0	3	0

Fonte: a autora (2020).

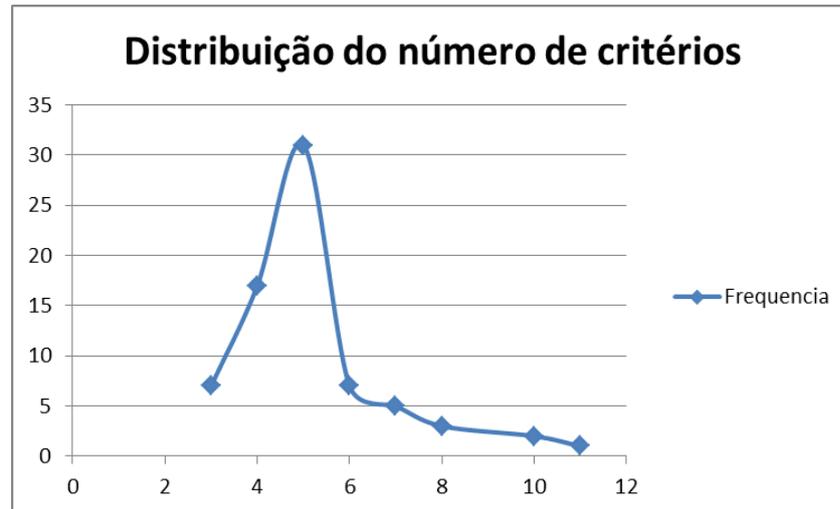
Os gráficos 5 e 6 ilustram a distribuição das quantidades de perguntas na fase da elicitación e distribuição da quantidade de critérios dos problemas respectivamente. É possível observar um comportamento semelhante nesses dois gráficos:

Gráfico 5 – distribuição das perguntas na fase de elicitação



Fonte: a autora (2020).

Gráfico 6 – distribuição da quantidade de critérios



Fonte: a autora (2020).

Observando-se os resultados obtidos na Tabela 10, a respeito da correlação entre as quantidades de critérios (QTDCrit), a quantidade de perguntas na fase da elicitação (QTDTelicit) e a quantidade de inconsistências (QTDinc), é possível observar uma correlação fraca de 0,368, mas significativa entre a quantidade de critérios e a quantidade de perguntas na fase de elicitação da constante escala. Em relação à quantidade de inconsistências, esta não possui correlação com as demais variáveis em questão.

Tabela 10 – correlações entre QTDCrit QTDTelicit e QTDCrit

			<b>Correlações</b>		
			QTDCrit	QTDTeliCit	QTDCrit
rô de Spearman	QTDCrit	Coeficiente de Correlação	1,000	,368**	,156
		Sig. (2 extremidades)	.	,001	,296
		N	73	73	47
	QTDTeliCit	Coeficiente de Correlação	,368**	1,000	,045
		Sig. (2 extremidades)	,001	.	,765
		N	73	73	47
	QTDCrit	Coeficiente de Correlação	,156	,045	1,000
		Sig. (2 extremidades)	,296	,765	.
		N	47	47	47

Fonte: a autora (2020).

\*\* . A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

A fim de avaliar a relação da inconsistência com natureza dos critérios, utilizou-se a ferramenta estatística SPSS para a visualização dos dados de tabelas cruzadas e análises com teste qui-quadrado, pois esse teste se destina a encontrar um valor da dispersão para duas variáveis categóricas nominais e avaliar a associação existente entre variáveis qualitativas, conforme tabelas 11 e 12.

Verifica-se que, na tabela 11, nenhuma frequência esperada ficou abaixo do limite de 5 para o teste qui quadrado, podendo dessa forma prosseguir com a análise. Na tabela 12, é observado que o p valor resultante foi maior que 0.05, aceitando, assim, a hipótese H0 de que não há relação entre a natureza do critério e as inconsistências do problema e rejeitando a hipótese H1 de que existiria relação entre inconsistências e natureza do critério (C-construído, N- Natural, P-proxy).

Tabela 11 – tabela cruzada entre inconsistências e natureza do critério

**Crosstab**

		Natureza			Total	
		C	N	P		
Inconsistência	NAO	Contagem	122	229	24	375
		Contagem esperada	114,0	237,0	24,0	375,0
	SIM	Contagem	30	87	8	125
		Contagem esperada	38,0	79,0	8,0	125,0
Total	Contagem	152	316	32	500	
	Contagem esperada	152,0	316,0	32,0	500,0	

Fonte: a autora (2020).

Tabela 12 – teste qui quadrado da inconsistência e natureza dos critérios

**Testes qui-quadrado**

	Valor	gl	Significância Assintótica (Bilateral)
Qui-quadrado de Pearson	3,326 <sup>a</sup>	2	,190
Razão de verossimilhança	3,423	2	,181
N de Casos Válidos	500		

Fonte: a autora (2020).

a. 0 células (0,0%) esperavam uma contagem menor que 5. A contagem mínima esperada é 8,00.

Outra análise foi verificada entre dados inconsistentes e natureza do par de critérios (CC- construído-construído, CN- construído-natural, NN- natural-natural), conforme Tabela 13 e 14, considerando-se, apenas, as amostras significativas, fazendo com que o *software* não considerasse dados com critérios Proxy nessa análise.

Tabela 13 – tabela cruzada entre inconsistência e natureza do par

**Tabulação cruzada Inconsistência \* Natureza do par**

			Natureza do par			Total
			CC	CN	NN	
Inconsistência	não	Contagem	50	34	105	189
		Contagem Esperada	46,0	39,4	103,6	189,0
	sim	Contagem	13	20	37	70
		Contagem Esperada	17,0	14,6	38,4	70,0
Total		Contagem	63	54	142	259
		Contagem Esperada	63,0	54,0	142,0	259,0

Fonte: a autora (2020).

Tabela 14 – teste qui quadrado entre inconsistência e natureza do par

**Testes qui-quadrado**

	Valor	gl	Significância Assintótica (Bilateral)
Qui-quadrado de Pearson	4,116 <sup>a</sup>	2	,128
Razão de verossimilhança	4,019	2	,134
N de Casos Válidos	259		

a. 0 células (0,0%) esperavam uma contagem menor que 5. A contagem mínima esperada é 14,59.

Fonte: a autora (2020).

Verifica-se que o p valor é maior que 0,05, ou seja, a hipótese H0 é aceitável de que não há relação entre quantidade de inconsistências e a natureza do par.

**3.2.2 Discussão dos resultados**

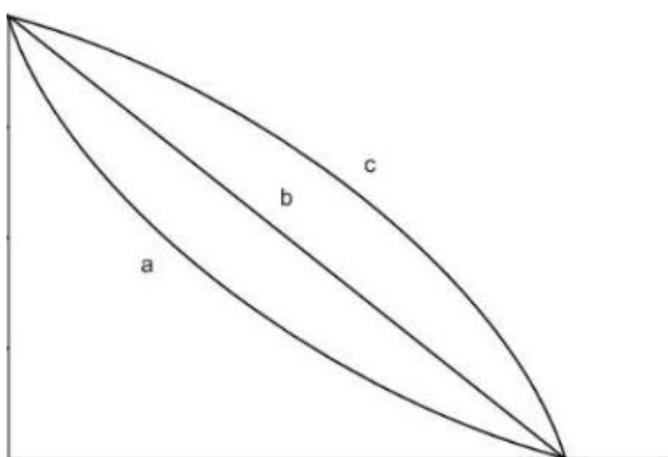
Na primeira etapa do procedimento, a função valor parcial foi analisada a partir do método da bisseção. Como a matriz de decisão é informada previamente, tem-se a informação do intervalo da escala para cada critério e os valores mínimos e máximos da escala são utilizados como ponto de partida para análise da bisseção e identificação da função para cada critério, se é côncavo, convexo ou linear.

Para cada critério, o decisor precisa encontrar 3 pontos de indiferença, o primeiro ponto identificaria o ponto entre os valores máximo e mínimo da escala. Esse ponto encontrado

subdivide o intervalo maior em 2 partes menores. Em seguida, faz-se o mesmo para esses 2 intervalos menores, encontrando um ponto médio entre seus intervalos. Assim, ao obter os 3 pontos, é possível verificar se o decisor possui um comportamento linear ou não.

Dessa forma, foi considerado também um grau de aderência da função para considerar se ela era pouco côncava, medianamente côncava ou muito côncava, tendo para funções de comportamento convexo a mesma ideia. Dessa forma, Olivková (2016) ilustra, em seu trabalho, a figura 21, em que “a” demonstra o comportamento convexo, “b” o comportamento linear e “c” o comportamento côncavo.

Figura 21– tipos de comportamento da função valor parcial.



Fonte: adaptado de Olivková (2016).

Após identificar se o comportamento era côncavo ou convexo, a partir da análise gráfica, estipulou-se que uma variação em relação a linearidade maior que 20% seria considerado “muito”, maior que 10% seria “medianamente” e menor que 10% seria considerado “pouco” em grau para ambas as condições côncavo e convexo. Em relação à análise da bisseção, pode-se observar, no gráfico 4, que a maioria dos dados apresentaram uma função valor parcial (FVP) pouco convexa representando 51.60%.

Uma quantidade relevante também é observada para dados com funções pouco côncavas com 33,69%. Dessa forma, o comportamento “pouco” é predominante tanto para côncavo quanto para convexo, indicando uma tendência a linearidade dos dados. Por exigir a indiferença exata do decisor, o procedimento se torna mais difícil e existem algumas suposições que levaram a esse resultado:

1. os decisores inicialmente não compreenderam de forma clara a ideia da bisseção e levaram um tempo considerável nas perguntas se aproximando da linearidade;
2. os decisores tiveram dificuldade em comparar os intervalos de valores.

Essas duas situações foram identificadas durante o experimento. Como cada experimento possuía seu próprio problema de decisão, ou seja, o número de critérios, a problemática, a natureza de cada critério, o contexto, entre outros aspectos variaram a depender de cada problema, compilaram-se características em comum entre os problemas para análise. A tabela 9 apresenta o número de funções valores parciais por natureza do critério, considerando a concavidade da função encontrada. Observa-se que, para os critérios construídos, há uma tendência maior de apresentar o comportamento pouco convexo, pois, a respeito do total de FVP para critérios construídos, 76 demonstraram comportamento pouco convexo, 7 medianamente convexo e 13 muito convexo, enquanto 19 apresentaram comportamento pouco côncavo, 2 medianamente côncavo e 5 muito côncavo.

Ainda analisando a tabela 9, para critérios naturais, o cenário se mostra mais homogêneo com valor igual de 101 FVP para ambos os comportamentos, pouco côncavo e pouco convexo, do mesmo modo, para funções medianamente côncavas e medianamente convexas apresentam o mesmo resultado de 9 FVP. Funções muito côncavas e muito convexas apresentam, respectivamente, 1 e 8. Critérios proxy representam uma pequena parcela da amostra, porém também apresentam quantidade maior para funções convexas.

Assim, é observado na tabela 8 o número total de FVP e o número das funções que geraram dados inconsistentes. Observa-se o *ranking* decrescente de número de inconsistências, tem-se, dados medianamente convexas 64,71%, medianamente côncavo 44,44% (amostra pequena), muito convexo 36,36%, pouco côncavo 35,71%, pouco convexo 31,61%, muito côncavo 28,57% (amostra pequena). No gráfico 2 é possível visualizar a participação dos dados inconsistentes.

A etapa da ordenação é a etapa que os decisores consideraram mais simples e isso refletiu no tempo médio de duração dessa etapa que foi a mais rápida do procedimento. A tabela 4 demonstra a ocorrência de dados inconsistentes pela ordem do par que gerou a inconsistência, na primeira coluna, tem-se a ordem do par, na segunda, a incidência total de inconsistência para cada par e na terceira coluna é descrito as ocorrências por número de critérios. Por exemplo, pode-se observar que 22 dados geraram inconsistências no 1º par, desses 22, 2 tinham 3 critérios, 8 tinham 4 critérios, 10 tinham 5 critérios e assim por diante.

Pode-se observar que, para problemas com até 5 critérios, o número de ocorrências das inconsistências se concentra nas primeiras posições de ordenação; já para problemas com número de critérios entre (maior que 5) 6 e 11, existe uma distribuição do número de inconsistências mais difusa.

Essa diferença pode indicar que, para problemas com poucos critérios, o decisor já tinha uma preferência preestabelecida das primeiras posições do *ranking* e executou essa etapa sem muito esforço e pode ter sido precipitado no *ranking*, mudando sua preferência durante o experimento e para problemas com maior número de critérios o decisor pode ter analisado com maior cautela as primeiras posições do *ranking*, no entanto, por ter uma quantidade maior para verificação, pode ter gerado maior dúvida, principalmente, nas posições intermediárias.

A tabela 6 ilustra os dados inconsistentes na fase de elicitação, a primeira coluna mostra a ordem da pergunta, a segunda a quantidade de casos inconsistentes para a pergunta, na terceira coluna, tem-se o número de perguntas na fase de elicitação das constantes escala, em seguida a quantidade média de perguntas da fase de elicitação e, por fim, a moda do número de perguntas nessa fase para dados que geraram inconsistências.

A tabela 7 é semelhante, porém apresenta informações dos dados consistentes. Comparando-se as tabelas 08 e 09, não há diferença significativa entre os dados inconsistentes e consistentes, em relação às perguntas da elicitação, porém, existe tendência na tabela 06 de diminuição da quantidade média de perguntas à medida que se aumenta o número de critérios.

Em relação à tabela 6, que demonstra os dados inconsistentes, a diminuição da quantidade média de perguntas na elicitação é mais sutil e oscilatória, com isso, tem-se como suposição que, com o aumento do número de critérios, pode-se ter maior estresse durante o procedimento e maior chance de dúvidas e indecisões.

No que se refere à natureza dos pares de critérios, computou-se, na tabela 3.13, o total dos pares da elicitação, classificando por natureza, em que N= natural, P= Proxy e C = construído. Dessa forma, NN significa um par Natural-Natural, assim como NC significa Natural-Construído, por exemplo.

Os pares com maior representatividade numérica são NN, CC e CN-NC. Em menor número estão os pares PP, PC-CP e PN-NP, destes todos os PP apresentaram inconsistência e o Proxy associado ao Natural gerou mais inconsistência em comparação à quantidade quando associado ao Construído.

Os pares NN foram mais inconsistentes que os CC, com 26,06% e 20,63% respectivamente de inconsistências, porém, quando associados CN-NC, a porcentagem da inconsistência aumentou para 37,04%. A partir desse fenômeno observado, supõe-se que há dificuldade de comparar critérios naturais com critérios construídos, que, no caso desse experimento, na sua grande maioria, eram de escala verbal.

No gráfico 5, é possível visualizar a distribuição das perguntas feitas na etapa de elicitação da constante escala, já o gráfico 6 mostra a distribuição do número de critérios dos problemas. Pode-se observar um comportamento semelhante de distribuição nesses gráficos.

Na etapa de inconsistências, o decisor poderia escolher entre 3 opções, que podem ser visualizadas no gráfico 3. A opção 1 significa mudar as preferências, ou seja, transformar a inconsistência em consistente e, aproximadamente, 67,39% optaram por ela. A opção 2 significa refazer a elicitação para o par inconsistente, representando, apenas, 8,7% dos dados e a opção 3 significa continuar e obter os resultados continuando com a inconsistência, essa opção representa, aproximadamente, 26,09%.

O percentual de escolha da opção 2 foi menor em relação às outras duas opções, o que pode se relacionar à falta de entendimento dessa opção, ou mesmo à falta de paciência do decisor em refazer o procedimento de elicitação para os pares inconsistentes. A tabela 5 ilustra os resultados dos participantes que optaram pela opção 2, ou seja, refazer o par que gerou a inconsistência, mostrando que, após refazer o processo de elicitação para o par, a maioria dos dados permaneceram inconsistentes.

### 3.3 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Este capítulo apresentou os principais detalhes de como o experimento com o software *Tradeoff* foi executado na seção descrição do experimento, explicando cada etapa do processo ilustrando as telas do software para esclarecer como foi a aplicação através do sistema de apoio a decisão. Também discutiram-se, na seção resultados obtidos, a descrição das particularidades dos problemas de tomada de decisão, a natureza dos critérios, dos pares de critérios que foram comparados, particularidade das etapas, ou seja, analisaram-se, de forma descritiva, o banco de dados das decisões tomadas e do procedimento *tradeoff* como um todo.

Foram verificadas a existência e relação entre as variáveis do processo como dados inconsistentes com natureza do critério ou com a natureza do par de critérios por meio do teste estatístico qui-quadrado, e os resultados das análises não demonstraram relação

estatisticamente significativa. Assim, é importante buscar outros meios de investigação para obter *insights* para melhoria do sistema de apoio a decisão para o procedimento *tradeoff*, então, o próximo capítulo inicia uma investigação considerando variáveis psicofisiológicas dos decisores com os dados de neurociência.

## 4 ANÁLISE COM FERRAMENTAS DE NEUROCIÊNCIAS

Este tópico busca obter evidências do impacto de dados inconsistentes, a partir da análise de dados de neurociência durante o processo decisório com o procedimento *tradeoff*. Em vista disso, é importante destacar o caráter investigativo nessa etapa. Assim, foram elaborados alguns questionamentos que sevem como base para descrição dos dados neurológicos e análise, a fim de obter *insights* para melhoria da aplicação do procedimento *tradeoff*.

1. Na etapa de inconsistências, o padrão comportamental dos dados que não apresentaram inconsistências difere dos que apresentaram? De que forma?
2. A média dos dados varia?
3. Ao descrever os resultados do *eye-tracking* e do EEG, existe alguma diferença evidente entre a amostra consistente e a que gerou inconsistências?
4. Existe alguma relação do diâmetro da Pupila e dos dados do EEG com as inconsistências analisando cada etapa?

Para responder a essas perguntas, primeiramente será feita uma análise descritiva dos dados de neurociência coletados e, a partir dessa análise, será possível verificar relações comparando-se as características dos dados que apresentaram inconsistências e dos dados que não apresentaram. Nessa etapa as médias serão comparadas e correlacionadas para identificar se há algum tipo de diferença entre as duas amostras.

### 4.1 DISCUSSÃO DE RESULTADOS DA ANÁLISE COM *EYE-TRACKING*

A tabela 15 ilustra a média da dilatação da pupila e o desvio padrão médio considerando os dados da pupila esquerda que apresentaram inconsistências durante o processo. Verifica-se que, para os dados inconsistentes, a dilatação da pupila, na etapa da bisseção, é muito próxima à dilatação na etapa de ordenação, já na etapa de exploração do espaço consequência, a média da dilatação apresenta decréscimo, comportamento que se repete na etapa de obtenção das constantes escala. Nas etapas finais de análise de inconsistências e análise de resultados, a média de dilatação apresenta um comportamento crescente, apesar de tênue. O desvio padrão médio teve resultados aproximado sendo o maior nas etapas de exploração do espaço consequências e obtenção das constantes escala.

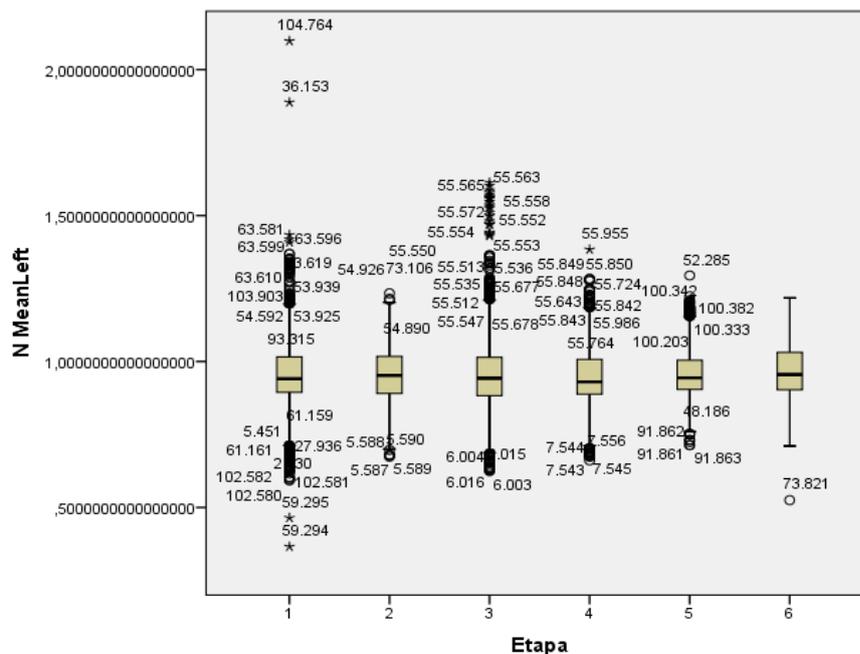
Tabela 15 – dados da pupila esquerda para dados inconsistentes

Etapa	Dados inconsistentes	
	Media pupila esquerda	Desvio padrão
Bisseção	0,954882	0,082545
Ordenação	0,954475	0,087284
Exploração do espaço consequência	0,949959	0,093256
Obtenção das constantes escala	0,947665	0,093256
Inconsistência	0,957546	0,076414
Resultados	0,966062	0,086102

Fonte: a autora (2020).

O diagrama de caixa, apresentado no gráfico 7, representa a variação de dados observados da variável dilatação da pupila por meio de quartis, no eixo “y”, são apresentados os valores de dilatação da pupila e, no eixo “x”, são apresentadas as etapas, em que 1 é a etapa da bisseção; 2, a etapa de ordenação; 3, a etapa de exploração do espaço consequências; 4, a etapa de obtenção das constantes escala; 5, etapa de análise de inconsistências e 6, a etapa de análise dos resultados. É possível observar variações maiores nas etapas de exploração do espaço consequência e na etapa da bisseção.

Gráfico 7– diagrama de caixas para dados inconsistentes



Fonte: a autora (2020).

Então, fazendo a mesma análise para dados consistentes, na tabela 16, apresenta-se a dilatação média da pupila esquerda para os dados consistentes em cada etapa. É possível observar as etapas em ordem decrescente de dilatação da pupila:

1. bisseção;
2. análise dos resultados;
3. obtenção da constante escala;
4. exploração do espaço consequência;
5. ordenação.

Em relação aos desvios, ficaram bem próximos sendo o maior na etapa de ordenação.

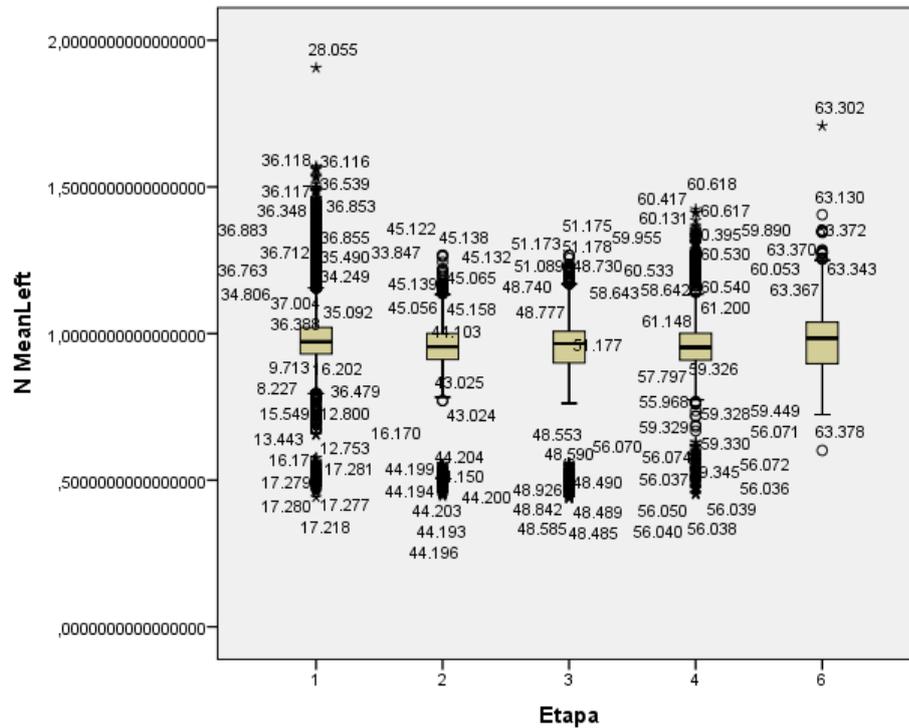
Tabela 16 – dados da pupila esquerda para dados consistentes

Etapa	Dados consistentes	
	Media pupila esquerda	Desvio padrão
Bisseção	0,988476	0,102232
Ordenação	0,938786	0,120382
Exploração do espaço consequência	0,949377	0,114000
Obtenção das constantes escala	0,969265	0,114000
Resultados	0,977667	0,101907

Fonte: a autora (2020).

O diagrama de caixa, representado no gráfico 8, apresenta a variação de dados observados da variável dilatação da pupila por meio de quartis. No eixo “y”, são apresentados os valores de dilatação e, no eixo “x”, são apresentadas as etapas, em que 1 é a etapa da bisseção, 2 a etapa de ordenação, 3 a etapa de exploração do espaço consequências, 4 a etapa de obtenção das constantes escala, 5 etapa de análise de inconsistências e 6 a etapa de análise dos resultados. Para os dados que não apresentaram inconsistências, é possível observar que a etapa com maior variação é a bisseção.

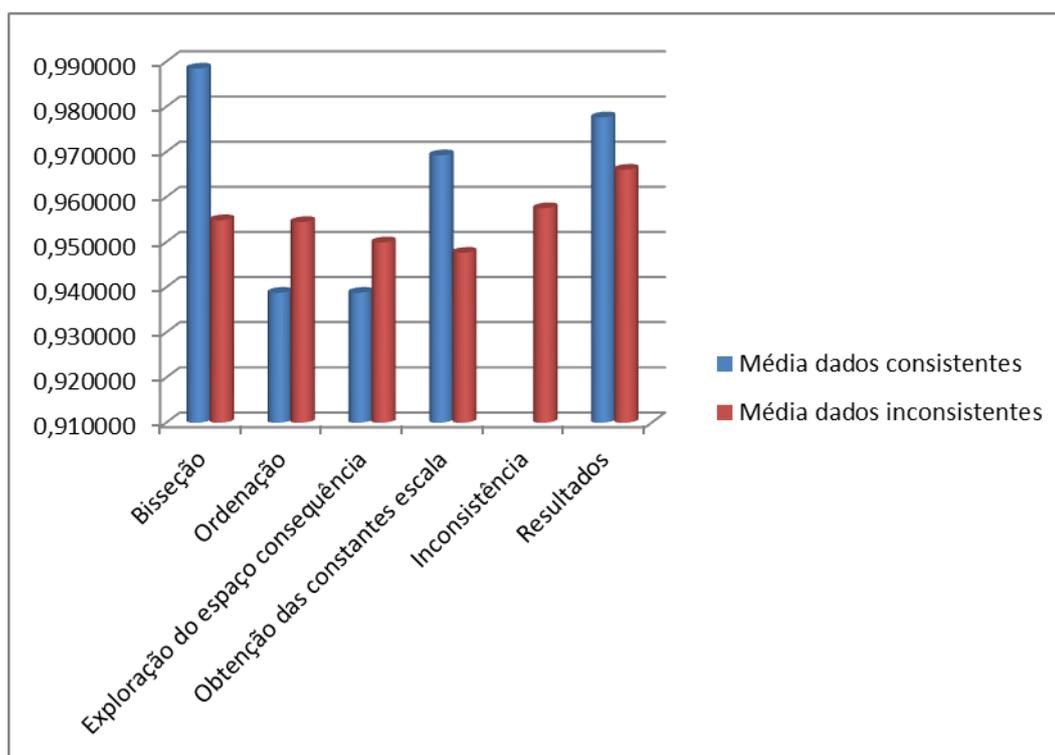
Gráfico 8 – diagrama de caixa para dados consistentes



Fonte: a autora (2020).

O gráfico 9 ilustra a comparação das médias da pupila esquerda em cada etapa. Observa-se um comportamento diferente entre os dados que apresentaram inconsistências e os dados que não apresentaram. Em azul, tem-se o comportamento dos dados consistentes que apresentam as maiores dilatações da pupila nas etapas em que os participantes responderam no questionário serem as etapas mais difíceis. Em vermelho é ilustrado o comportamento da dilatação da pupila para dados inconsistentes, que apresentam variação entre as etapas menor que para dados consistentes.

Gráfico 9 – comparação das médias de dilatação da pupila esquerda



Fonte: a autora (2020).

Para análise estatística dos dados apresentados no gráfico 9, tem-se a tabela 17, que ilustra o resultado do teste t para amostras independentes. Assim, é possível verificar se a amostra para dados consistentes difere em relação à variação média da pupila esquerda da amostra para dados inconsistentes. Assim, na tabela 17, foram analisadas as duas amostras, dados consistentes e dados inconsistentes, de forma geral, considerando-se todas as etapas do experimento.

Considerando que a hipótese nula é que as médias das pupilas são iguais e a hipótese alternativa é que as amostras possuem médias de pupila diferentes, O teste de Levene permite-nos averiguar a homogeneidade das variâncias. Nesse caso, conclui-se que as variâncias são diferentes nos dois grupos, pois a significância associada ao teste é inferior a 0,05. Uma vez que não se assume a homogeneidade das variâncias, opta-se por utilizar os valores do teste t de variâncias iguais não assumidas. Os resultados sugerem a existência de uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos ( $t = 53,724$ ;  $p\text{-valor} < 0,000$ ). Em média, observa-se uma diferença de 0,02498 entre os grupos.

Tabela 17 – Teste T para amostras independentes

	Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
	Z	Sig.	t	Df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
								Inferior	Superior
Variâncias iguais assumidas	131,893	,000	53,724	171315	0,000	,02498	,00047	,02407	,02589
Variâncias iguais não assumidas			50,432	108910,351	0,000	,02498	,00050	,02401	,02595

Fonte: a autora (2020).

A fim de enriquecer a investigação, fez-se a comparação das médias da pupila para as duas amostras em relação a cada etapa do procedimento *tradeoff*. Na etapa da bisseção, pode-se observar na tabela 18 que o teste mostrou diferenças estatisticamente significativas nas médias das pupilas para um intervalo de 95% de confiança (a significância associada ao teste t foi inferior a 0,05).

Tabela 18 – teste T para amostras independentes na etapa Bisseção

	Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
	Z	Sig.	t	Df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
								Inferior	Superior
Variâncias iguais assumidas	43,044	,000	-59,566	108913	0,000	-,03359	,00056	-,03470	-,03249
Variâncias iguais não assumidas			-56,814	76105,193	0,000	-,03359	,00059	-,03475	-,03243

Fonte: a autora (2020).

Na etapa da ordenação, conforme tabela 19, o teste mostrou diferenças estatisticamente significativas nas médias das pupilas para um intervalo de 95% de confiança (a significância associada ao teste t foi inferior a 0,05).

Tabela 19 – teste T para amostras independentes na etapa ordenação

	Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
	Z	Sig.	t	Df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de confiança da diferença	
								Inferior	Superior
Variâncias iguais assumidas	4,225	,040	6,893	8330	,000	,01569	,00228	,01123	,02015
Variâncias iguais não assumidas			6,500	5735,017	,000	,01569	,00241	,01096	,02042

Fonte: a autora (2020).

Na etapa da exploração do espaço consequência, pode-se observar, na tabela 20, que o teste não mostrou diferenças estatisticamente significativas nas médias das pupilas para um intervalo de 95% de confiança (a significância associada ao teste t foi superior a 0,05).

Tabela 20 – teste T para amostras independentes na etapa de exploração do espaço consequências

	Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
	Z	Sig.	t	Df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
								Inferior	Superior
Variâncias iguais assumidas	4,097	,043	,362	17207	,717	,00058	,00161	-,00256	,00373
Variâncias iguais não assumidas			,343	11027,306	,732	,00058	,00169	-,00274	,00390

Fonte: a autora (2020).

A respeito da etapa de obtenção da constata escala, consoante tabela 21, o teste mostrou diferenças estatisticamente significativas nas médias das pupilas para um intervalo de 95% de confiança (a significância associada ao teste t foi inferior a 0,05).

Tabela 21– Teste T para amostras independentes na etapa de obtenção das constantes escala

	Teste de levene para igualdade de variâncias		teste-t para igualdade de médias						
	Z	Sig.	t	Df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
								Inferior	Superior
Variâncias iguais assumidas	120,157	,000	-17,900	25756	,000	-,02160	,00121	-,02397	-,01923
Variâncias iguais não assumidas			-16,590	15982,852	,000	-,02160	,00130	-,02415	-,01905

Fonte: a autora (2020).

Na etapa de análise dos resultados, pode-se observar, na tabela 22, que o teste mostrou diferenças estatisticamente significativas nas médias das pupilas para um intervalo de 95% de confiança (a significância associada ao teste t foi inferior a 0,05).

Tabela 22 – teste T para amostras independentes na etapa de análise dos resultados

	Teste de levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de médias						
	Z	Sig.	t	Df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de confiança da diferença	
								Inferior	Superior
Variâncias iguais assumidas	29,151	,000	-4,133	4507	,000	-,01160	,00281	-,01711	-,00610
Variâncias iguais não assumidas			-4,025	3660,275	,000	-,01160	,00288	-,01726	-,00595

Fonte: a autora (2020).

Assim, apenas uma etapa não se mostrou estatisticamente significativa para a diferença da média das pupilas, que foi a etapa de exploração do espaço consequência.

#### 4.2 DISCUSSÃO DE RESULTADOS DA ANÁLISE COM EEG

Após o tratamento dos dados do EEG, para iniciar a análise exploratória, as bandas alfa e teta foram selecionadas, pois, conforme foi discutido no capítulo 2 sobre as bandas, a frequência alfa tem sido associada à função inibitória do cérebro e, portanto, é assumida uma

relação negativa com os níveis de ativação neural e o aumento da atividade da banda teta pode estar relacionado à fadiga, baixo engajamento e níveis baixos de esforço cognitivo.

Assim, foram analisados os canais frontais AF3, AF4, F3, F4, F7, F8, FC5 e FC6 nas bandas Alfa e Teta. O teste t-pareado foi executado para comparar os canais frontais do hemisfério esquerdo (AF3, F3, F7 e FC5) com os canais do hemisfério direito (AF4, F4, F8 e FC6) para casos com inconsistências e sem inconsistências nas etapas 1 (bisseção), 2 (ordenação), 3 (exploração do espaço consequência) e 4 (obtenção das constantes escala).

#### 4.2.1 Banda alfa

A tabela 23 ilustra o resultado do teste t pareado para os canais AF3 e AF4 na banda alfa para dados consistentes.

Tabela 23 – resultado Teste T pareado para AF3 e AF4 na banda Alfa (dados consistentes)

		Teste de amostras emparelhadas						T	df	Sig. (2 extremidades)
		diferenças emparelhadas				95% Intervalo de confiança da diferença				
		Média	Desvio padrão	Erro padrão da média	Inferior		Superior			
Par 1	Etapa 1 Af3 - Af4 Etapa 1	,8253	6,4288	1,5592	- 2,4801	4,1307	,529	16	,604	
Par 2	Etapa 2 Af3 - Af4 Etapa 2	-,3497	8,1401	1,9743	- 4,5349	3,8356	-,177	16	,862	
Par 3	Etapa 3 Af3 - Af4 Etapa 3	,8378	6,5717	1,5939	- 2,5411	4,2166	,526	16	,606	
Par 4	Etapa 4 Af3 - Af4 Etapa 4	,2810	8,3242	2,0810	- 4,1547	4,7166	,135	15	,894	

Fonte: a autora (2020).

Na tabela 24, é possível observar os valores do teste t pareado para os canais AF3 e AF4 na banda alfa para dados inconsistentes. Dessa forma, em ambas as situações, não se tem diferença significativa entre os canais ímpares e pares.

Tabela 24 – resultado teste T pareado para AF3 e AF4 na banda Alfa (dados inconsistentes)

		Diferenças emparelhadas					t	Df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	Af3 etapa1 - Af4 etapa1	,3580	7,7454	1,4141	-2,5342	3,2502	,253	29	,802
Par 2	Af3 etapa2 - Af4 etapa2	,7077	6,3014	1,1505	-3,0607	1,6453	-,615	29	,543
Par 3	Af3 etapa3 - Af4 etapa3	,8467	6,4951	1,2061	-3,3173	1,6239	-,702	28	,488
Par 4	Af3 etapa4 - Af4 etapa4	,9123	5,1388	,9543	-1,0424	2,8670	,956	28	,347

Fonte: a autora (2020).

Para os canais F3 e F4, pode-se observar, na tabela 25, que, apenas, na etapa 4 (obtenção das constantes escalas), houve diferença significativa entre os canais na banda alfa para dados consistentes.

Tabela 25 – resultado teste T pareado para F3 e F4 na banda Alfa (dados consistentes)

		Diferenças emparelhadas					t	Df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio Padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	F3 etapa 1 - F4 etapa 1	2,2336	4,7260	1,1462	-0,1963	4,6634	1,949	16	,069
Par 2	F3 etapa 2 - F4 etapa 2	1,3032	7,1195	1,7267	-2,3573	4,9637	,755	16	,461
Par 3	F3 etapa 3 - F4 etapa 3	0,9875	6,8600	1,6638	-2,5396	4,5146	,594	16	,561
Par 4	F3 etapa 4 - F4 etapa 4	3,7507	6,8446	1,7112	0,1034	7,3979	2,192	15	,045

Fonte: a autora (2020).

No entanto, no caso de dados inconsistentes, como é ilustrado na tabela 26, os canais F3 e F4 demonstraram diferença significativa na etapa 1 (bisseção) e na etapa 4 (obtenção das constantes escalas).

Tabela 26 – resultado Teste T pareado para F3 e F4 na banda Alfa (dados inconsistentes)

		Diferenças emparelhadas					t	Df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	F3 Etapa 1 - F4 etapa 1	3,8548	5,5917	1,0209	1,7668	5,9427	3,776	29	,001
Par 2	F3 Etapa 2 - F4 etapa 2	2,3187	8,3628	1,5268	-0,8041	5,4414	1,519	29	,140
Par 3	F3 Etapa 3 - F4 etapa 3	1,9549	5,5558	1,0317	-0,1584	4,0682	1,895	28	,068
Par 4	F3 Etapa 4 - F4 etapa 4	2,8800	7,4005	1,3742	0,0650	5,6950	2,096	28	,045

Fonte: a autora (2020).

Para os canais F7 e F8, na banda alfa, considerando-se os casos consistentes, tem-se a tabela 27 que não indica diferença significativa para os canais em nenhuma das 4 etapas.

Tabela 27 – resultado teste T pareado para F7 e F8 na banda Alfa (dados consistentes)

		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	F7 etapa 1 - F8 etapa 1	1,5323	7,6349	1,8517	-2,3932	5,4578	,828	16	,420
Par 2	F7 etapa 2 - F8 etapa 2	-3,0709	6,5264	1,5829	-6,4265	0,2847	-1,940	16	,070
Par 3	F7 etapa 3 - F8 etapa 3	-0,4274	7,9298	1,9233	-4,5046	3,6497	-,222	16	,827
Par 4	F7 etapa 4 - F8 etapa 4	-0,3118	7,4371	1,8593	-4,2748	3,6511	-,168	15	,869

Fonte: a autora (2020).

Do mesmo modo, a tabela 28 ilustra o resultado do teste t pareado para os canais F7 e F8 na banda alfa para dados inconsistentes e não é possível observar diferença significativa entre os canais para as 4 etapas.

Tabela 28 – resultado Teste T pareado para F7 e F8 na banda Alfa (dados inconsistentes)

		Teste de amostras emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Diferenças emparelhadas							
		Média	Desvio padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	F7 etapa 1 - F8 etapa 1	-2,1483	7,2101	1,3164	-4,8406	0,5440	-1,632	29	,113
Par 2	F7 etapa 2 - F8 etapa 2	-1,0151	7,5442	1,3774	-3,8321	1,8020	-,737	29	,467
Par 3	F7 etapa 3 - F8 etapa 3	-1,5485	6,6076	1,2270	-4,0619	0,9649	-1,262	28	,217
Par 4	F7 etapa 4 - F8 etapa 4	-0,0647	7,3644	1,3675	-2,8660	2,7366	-,047	28	,963

Fonte: a autora (2020).

Finalizando a comparação dos canais na região frontal para a banda alfa, a tabela 29 apresenta os resultados do teste t pareado para os canais Fc5 e Fc6 na banda alfa para dados consistentes, observa-se que não há diferença significativa dos canais em nenhuma das 4 etapas.

Tabela 29 – resultado teste T pareado para FC5 e FC6 na banda Alfa (dados consistentes)

		Teste de amostras emparelhadas					t	Df	Sig. (2 extremidades)
		Diferenças emparelhadas							
		Média	Desvio padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	FC5 etapa 1 - FC6 etapa 1	,8335	4,4651	1,0829	-3,1292	1,4622	-,770	16	,453
Par 2	FC5 etapa 2 - FC6 etapa 2	,2582	4,6676	1,1321	-2,1417	2,6580	,228	16	,822
Par 3	FC5 etapa 3 - FC6 etapa 3	,8316	4,1981	1,0182	-2,9900	1,3269	-,817	16	,426
Par 4	FC5 etapa 4 - FC6 etapa 4	,9473	5,5799	1,3950	-3,9206	2,0260	-,679	15	,507

Fonte: a autora (2020).

No caso dos dados inconsistentes, a tabela 30 mostra que foi semelhante aos resultados da amostra consistente, pois não se observa diferença significativa nos canais FC5 e FC6 na banda alfa comparando cada etapa do procedimento *tradeoff*.

Tabela 30 – Resultado teste T pareado para FC5 e FC6 na banda Alfa (dados inconsistentes)

		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio Padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de Confiança da Diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	FC5 etapa 1 - FC6 etapa 1	0,6248	4,5322	0,8275	1,0675	2,3172	,755	29	,456
Par 2	FC5 etapa 2 - FC6 etapa 2	0,6332	4,6095	0,8416	-1,0880	2,3544	,752	29	,458
Par 3	FC5 etapa 3 - FC6 etapa 3	-0,7722	5,1887	0,9635	-2,7458	1,2015	-,801	28	,430
Par 4	FC5 etapa 4 - FC6 etapa 4	-0,2409	3,9592	0,7352	-1,7469	1,2651	-,328	28	,746

Fonte: a autora (2020).

Ainda para a banda alfa, foi analisado o comportamento de cada canal entre as etapas, ou seja, foi executado o teste t pareado para cada canal, verificando, assim, se existe diferença significativa entre as etapas em pares:

- etapa 1 com Etapa 2;
- etapa 1 com Etapa 3;
- etapa 1 com Etapa 4;
- etapa 2 com Etapa 3;
- etapa 2 com Etapa 4;
- etapa 3 com Etapa 4.

Dessa forma houve 6 comparações por canal, para verificar as possíveis diferenças de potenciais elétricos cerebrais na banda alfa entre etapas. As hipóteses consideradas foram:

- H0 – considera que a média entre as etapas são iguais;
- H1 – considera que a média das etapas são diferentes.

Na tabela 31, é possível observar que, em comparação às etapas para o canal AF3 na banda alfa, para dados consistentes, nenhum resultado gerou diferença significativa. Porém, para a amostra de dados inconsistentes, observa-se diferença significativa entre a etapa 1 e etapa 2, entre a etapa 1 e etapa 3 e entre a etapa 2 e etapa 4.

Tabela 31 – resumo dos resultados do teste t pareado no canal AF3

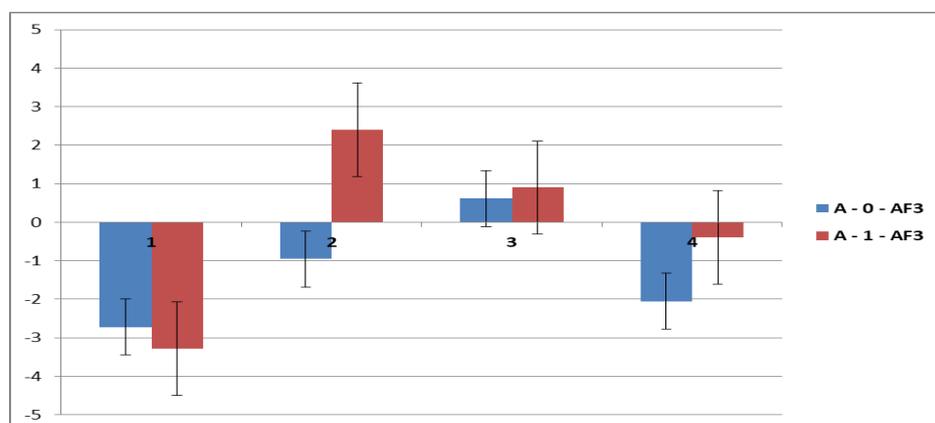
Canal AF3		
ETAPAS (comparação par a par)	DADOS CONSISTENTES	DADOS INCONSISTENTES
ETAPA 1 – ETAPA 2	Aceita H0	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 – ETAPA 3	Aceita H0	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 – ETAPA 4	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 2 – ETAPA 3	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 2 – ETAPA 4	Aceita H0	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 3 – ETAPA 4	Aceita H0	Aceita H0

Fonte: a autora (2020).

O canal AF3, no gráfico 10, ilustra o comportamento dos potenciais elétricos, em que o eixo y representa a magnitude dos potenciais elétricos e o eixo x representa as etapas do procedimento *tradeoff*, 1 (bisseção), 2 (ordenação), 3 (exploração do espaço consequência) e 4 (obtenção das constantes escala). A amostra de dados consistentes são as barras em azul e, para dados inconsistentes, são ilustradas barras em vermelho.

No gráfico 10, observa-se que o índice mais baixo na banda alfa está na etapa 1 (bisseção), que foi considerada pelos participantes a mais difícil, justificando, assim, baixos níveis, pois medidas de alfa são consideradas inversamente proporcionais ao esforço cognitivo, dessa forma essa etapa teve os índices mais baixos. No entanto, observa-se, na etapa 2 um comportamento diferente entre dados consistentes e inconsistentes, os índices de alfa foram menores para dados consistentes, o que pode indicar maior engajamento na etapa da ordenação na amostra consistente em comparação aos dados que geraram inconsistências

Gráfico 10 – Potencial elétrico (mvolts) em cada etapa para o canal AF3



Fonte: a autora (2020).

A etapa 3 se apresenta semelhante em ambas as amostras, mas os dados consistentes, ainda, tiveram índices menores e há uma tendência de crescimento em alfa da etapa 1 para a etapa 2 voltando a diminuir na etapa 3 e reduzindo até a etapa 4 que foi considerada a segunda etapa mais difícil pelos participantes, justificando assim a tendência de diminuição. Na etapa 4, os potenciais da amostra consistentes se apresentam mais negativos que os da amostra inconsistente.

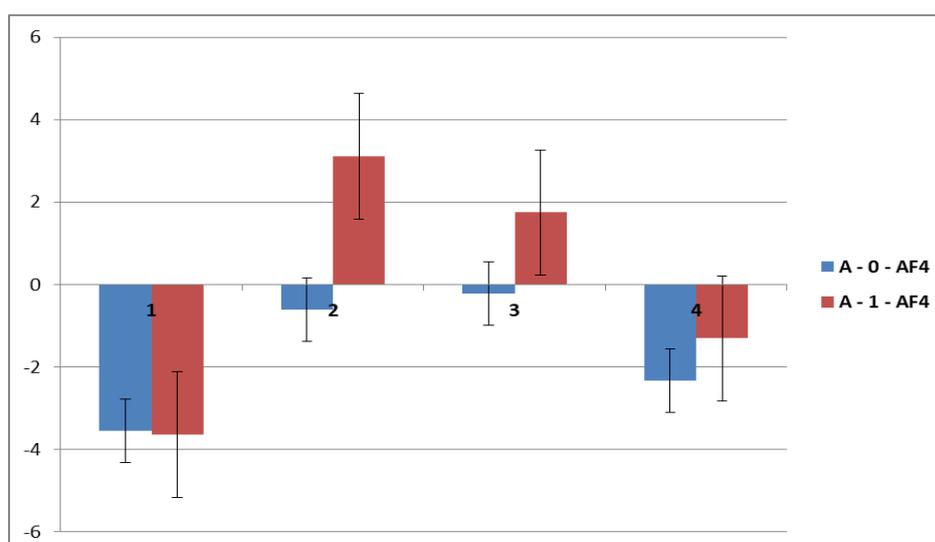
Analisando-se o canal direito AF4, na tabela 32, para dados consistentes, não há diferença significativa entre as etapas; para a amostra de dados inconsistentes, há as etapas 1 e 2, as etapas 1 e 3, as etapas 2 e 4 e as etapas 3 e 4.

Tabela 32 – resumo dos resultados do teste t pareado no canal AF4

Canal AF4		
ETAPAS (comparação par a par)	DADOS CONSISTENTES	DADOS INCONSISTENTES
ETAPA 1 - ETAPA 2	Aceita H0	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 - ETAPA 3	Aceita H0	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 - ETAPA 4	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 2 - ETAPA 3	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 2 - ETAPA 4	Aceita H0	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 3 - ETAPA 4	Aceita H0	<b>Rejeita H0</b>

Fonte: a autora (2020).

No gráfico 11, observa-se um comportamento semelhante ao do canal AF3. Primeiramente, houve um crescimento dos potenciais elétricos na banda alfa da etapa 1 para etapa 2, que, no *ranking* de dificuldade das etapas, foi colocada nas últimas colocações pelos participantes, porém, em relação à etapa 3, o potencial elétrico inicia uma tendência decrescente até a etapa 4.

Gráfico 11 – potencial elétrico ( $\mu$  V) em cada etapa para o canal AF4.

Fonte: a autora (2020).

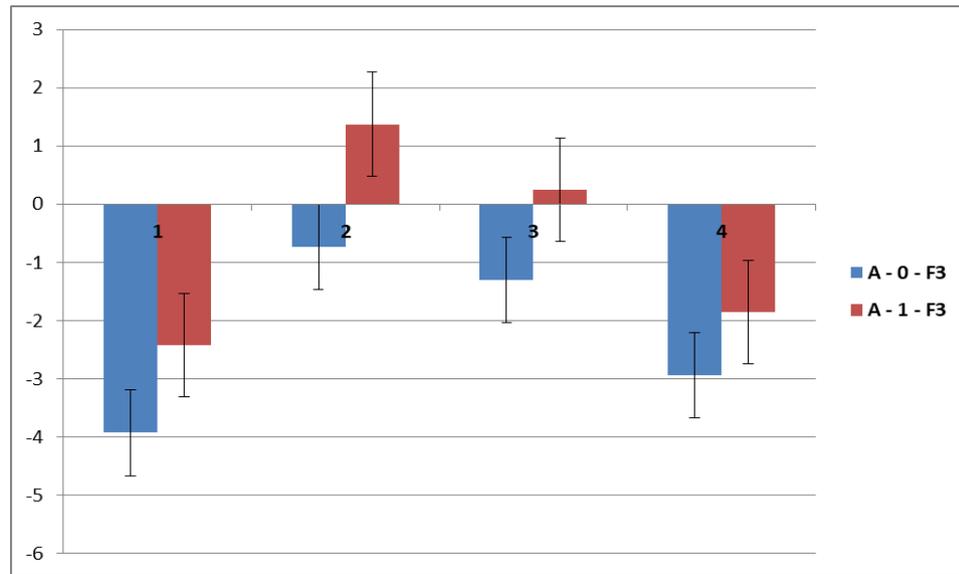
Na tabela 33, observa-se que, no canal F3 (hemisfério esquerdo), para dados consistentes, há diferença significativa entre as etapas 1 e 2 e entre as etapas 1 e 3. Para a amostra de dados inconsistentes, esse padrão muda, as etapas 1 e 2 continuam diferentes, mas essa amostra apresentou diferença também para as etapas 2 e 4 e para as etapas 3 e 4.

Tabela 33 – resumo dos resultados do teste t pareado no canal F3.

ETAPAS (comparação par a par)	Canal F3	
	DADOS CONSISTENTES	DADOS INCONSISTENTES
ETAPA 1 – ETAPA 2	<b>Rejeita H0</b>	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 – ETAPA 3	<b>Rejeita H0</b>	Aceita H0
ETAPA 1 – ETAPA 4	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 2 – ETAPA 3	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 2 – ETAPA 4	Aceita H0	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 3 – ETAPA 4	Aceita H0	<b>Rejeita H0</b>

Fonte: a autora (2020).

No gráfico 12, observa-se que, na etapa 1, o canal F3 apresentou potenciais elétricos mais negativo que nas outras etapas e há um crescimento da etapa 1 para etapa 2 que é a etapa de ordenação considerada a mais fácil pelos participantes e que também foi a etapa mais rápida, no entanto, esse potencial elétrico decresce, à medida que avançam as etapas, até chegar à etapa 4, relativa à obtenção das constantes escala.

Gráfico 12 – potencial elétrico ( $\mu V$ ) em cada etapa para o canal F3.

Fonte: a autora (2020).

A tabela 34 apresenta os resultados do teste t pareado para o canal F4 entre as etapas, para a amostra de dados consistentes, verificam-se os pares de comparação entre as etapas 1 e 2, etapas 1 e 3, etapas 2 e 4 e etapas 3 e 4 rejeitam a hipótese  $H_0$ , ou seja, consideram a hipótese  $H_1$  de que as etapas demonstram diferenças significativas. A mesma análise se enquadra para a amostra dos dados inconsistentes, pois apresentam o mesmo padrão de resultado.

Tabela 34 – resumo dos resultados do teste t pareado no canal F4.

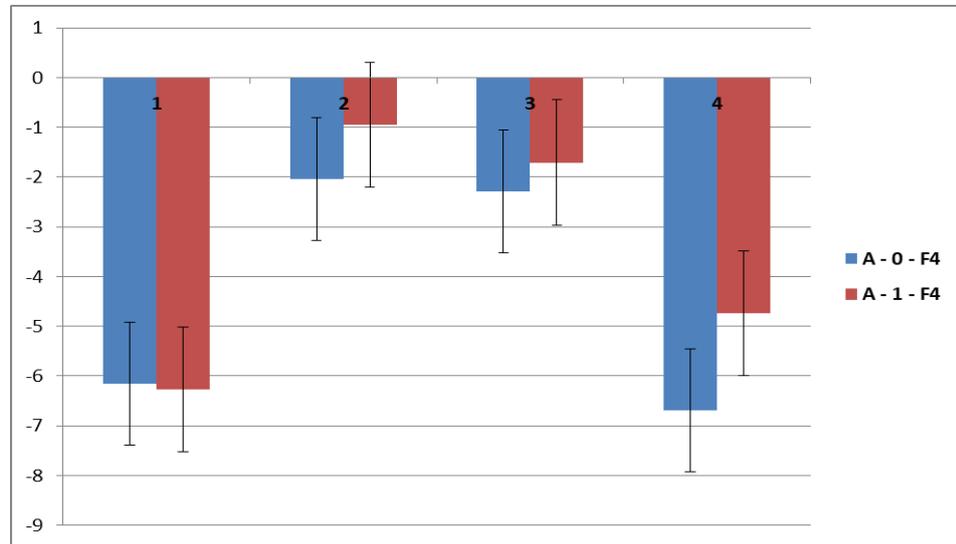
ETAPAS (comparação par a par)	Canal F4	
	DADOS CONSISTENTES	DADOS INCONSISTENTES
ETAPA 1 – ETAPA 2	<b>Rejeita <math>H_0</math></b>	<b>Rejeita <math>H_0</math></b>
ETAPA 1 – ETAPA 3	<b>Rejeita <math>H_0</math></b>	<b>Rejeita <math>H_0</math></b>
ETAPA 1 – ETAPA 4	Aceita $H_0$	Aceita $H_0$
ETAPA 2 – ETAPA 3	Aceita $H_0$	Aceita $H_0$
ETAPA 2 – ETAPA 4	<b>Rejeita <math>H_0</math></b>	<b>Rejeita <math>H_0</math></b>
ETAPA 3 – ETAPA 4	<b>Rejeita <math>H_0</math></b>	<b>Rejeita <math>H_0</math></b>

Fonte: a autora (2020).

É possível verificar, no gráfico 13, que, para banda alfa da etapa 1 para 2, os potenciais elétricos crescem indicando uma diminuição de esforço cognitivo, nas etapas 2 e 3, os resultados são próximos, mas apresentam uma tendência a diminuir, indicando aumento do

esforço cognitivo nessas etapas. Outra observação é que, para ambas amostras, a barra de erro é grande o que representa grande variação nos dados.

Gráfico 13 – potencial elétrico ( $\mu V$ ) em cada etapa para o canal F4.



Fonte: a autora (2020).

Para o canal F7, a tabela 35 mostra que, para dados consistentes, há diferença significativa entre as etapas 1 e 2 e entre as etapas 1 e 3, já para dados inconsistentes, além da diferença encontrada nos dados consistentes, tem-se a diferença entre as etapas 1 e 4.

Tabela 35 – resumo dos resultados do teste t pareado no canal F7.

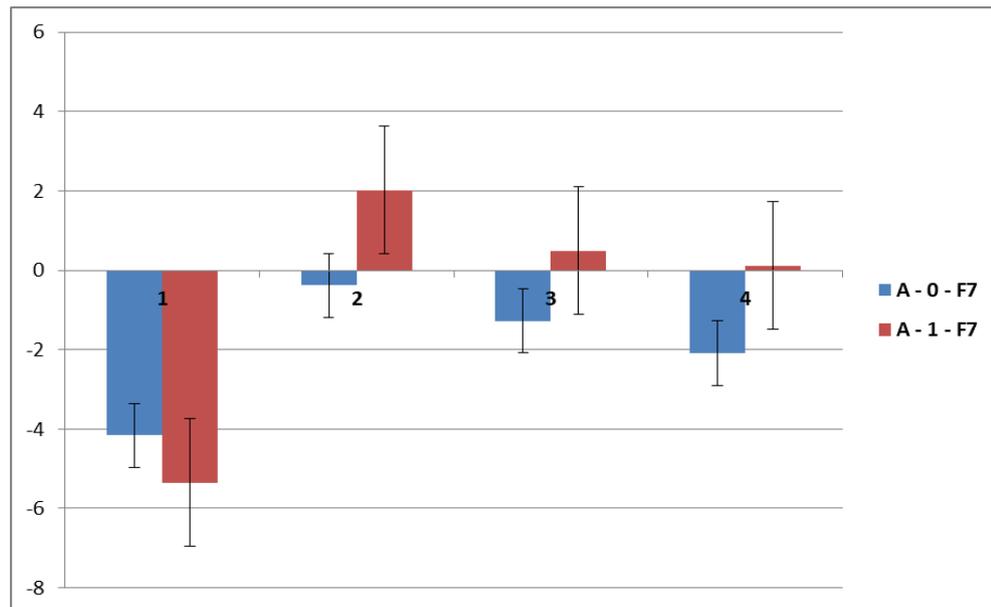
Canal F7		
ETAPAS (comparação par a par)	DADOS CONSISTENTES	DADOS INCONSISTENTES
ETAPA 1 – ETAPA 2	<b>Rejeita H0</b>	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 – ETAPA 3	<b>Rejeita H0</b>	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 – ETAPA 4	Aceita H0	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 2 – ETAPA 3	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 2 – ETAPA 4	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 3 – ETAPA 4	Aceita H0	Aceita H0

Fonte: a autora (2020).

No gráfico 14, pode-se observar o comportamento dos potenciais elétricos ao decorrer das etapas para a banda alfa. Na etapa 1, o comportamento dos dados inconsistentes foi menor que os dos dados consistentes, porém, na etapa 2, ocorreu o inverso. Na ordenação, a amostra

de dados consistentes possui as médias de potenciais elétricos menores, isso pode indicar maior engajamento e concentração na etapa de ordenação dos critérios. Na etapa 3, dados consistentes permanecem com índices menores e com tendência a decrescer até a etapa 4, indicando crescente esforço cognitivo. Porém a barra de erro dos dados inconsistentes é grande, indicando que os dados variaram bastante.

Gráfico 14 – potencial elétrico ( $\mu V$ ) em cada etapa para o canal F7.



Fonte: a autora (2020).

Para o canal F8, com base no resumo do teste t pareado entre etapas na tabela 36, para dados consistentes, apenas o par (Etapa 1 – Etapa 2) mostrou diferença significativa e, para a amostra de dados inconsistentes, todas as etapas, em comparação à etapa 1, mostraram diferença significativa, ou seja, a etapa da bisseção foi diferente de todas as outras etapas de forma significativa.

Tabela 36 – resumo dos resultados do teste t pareado no canal F8.

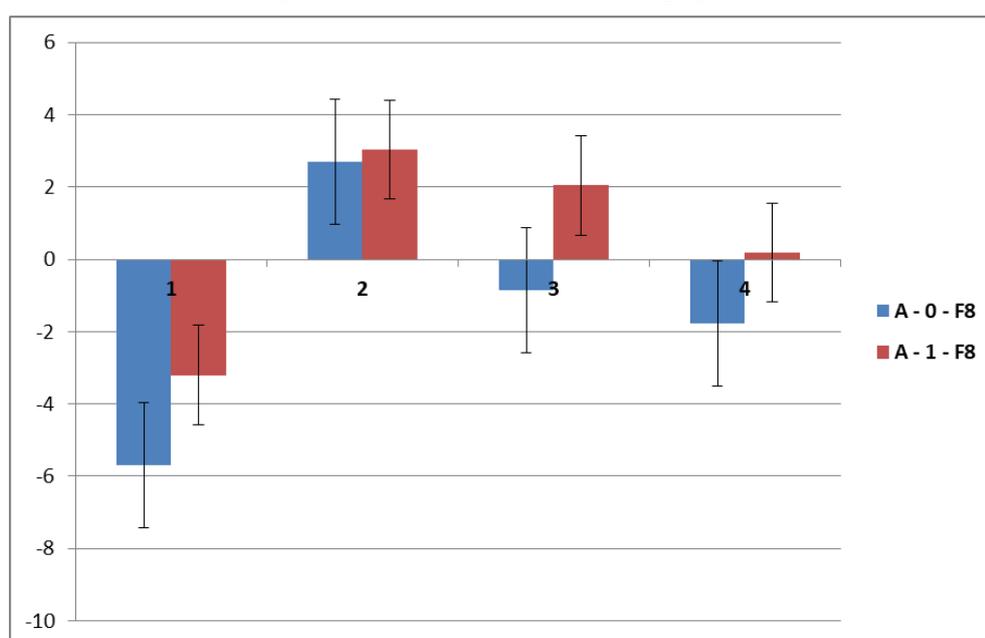
ETAPAS (comparação par a par)	Canal F8	
	DADOS CONSISTENTES	DADOS INCONSISTENTES
ETAPA 1 – ETAPA 2	<b>Rejeita H0</b>	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 – ETAPA 3	Aceita H0	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 – ETAPA 4	Aceita H0	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 2 – ETAPA 3	Aceita H0	Aceita H0

ETAPA 2 – ETAPA 4	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 3 – ETAPA 4	Aceita H0	Aceita H0

Fonte: a autora (2020).

No gráfico 15, em todas as etapas, para a frequência da banda alfa, os dados consistentes apresentaram valores menores de potencia, sugerindo maior engajamento e atenção na execução das etapas, mais especificamente a etapa 1 apresenta os índices mais baixo se comparada com as demais, assim corroborando com o nível de dificuldade enfrentado pelos participantes nessa etapa. A etapa 2 de ordenação dos critérios foi a etapa com a menor média de tempo de execução e a etapa com os maiores índices de potência em alfa, ou seja, indica menos esforço cognitivo de fato.

Gráfico 15 – potencial elétrico ( $\mu V$ ) em cada etapa para o canal F8.



Fonte: a autora (2020).

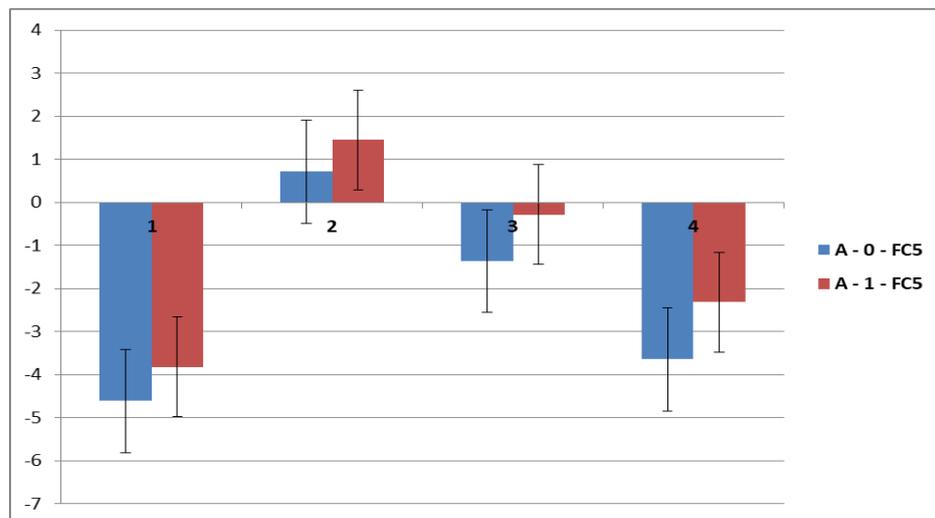
A tabela 37 apresenta diferença no comportamento dos resultados dos testes t pareado para o canal FC5 entre as amostras de dados consistentes e inconsistentes. Observa-se que a etapa 1 difere, estatisticamente, das etapas 2 e 3, assim como a etapa 2 difere das etapas 3 e 4 para análise feita com os dados consistentes. Em relação aos dados inconsistentes, a etapa 1 continua com a mesmo comportamento em relação às outras, já a etapa 2 passa a diferir, apenas, da etapa 4 e a etapa 3 passa a ser estatisticamente diferente da etapa 4.

Tabela 37 – resumo dos resultados do teste t pareado no canal FC5.

Canal FC5		
ETAPAS (comparação par a par)	DADOS CONSISTENTES	DADOS INCONSISTENTES
ETAPA 1 – ETAPA 2	<b>Rejeita H0</b>	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 – ETAPA 3	<b>Rejeita H0</b>	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 – ETAPA 4	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 2 – ETAPA 3	<b>Rejeita H0</b>	Aceita H0
ETAPA 2 – ETAPA 4	<b>Rejeita H0</b>	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 3 – ETAPA 4	Aceita H0	<b>Rejeita H0</b>

Fonte: a autora (2020).

Comparando-se as duas amostras (dados consistentes e dados inconsistentes) para a banda alfa no gráfico 16, observa-se que a amostra consistente possui os menores resultados de potência, e a barra de erro das duas amostras são semelhantes, indicando grande variação das duas amostras.

Gráfico 16 – potencial elétrico ( $\mu V$ ) em cada etapa para o canal FC5

Fonte: a autora (2020).

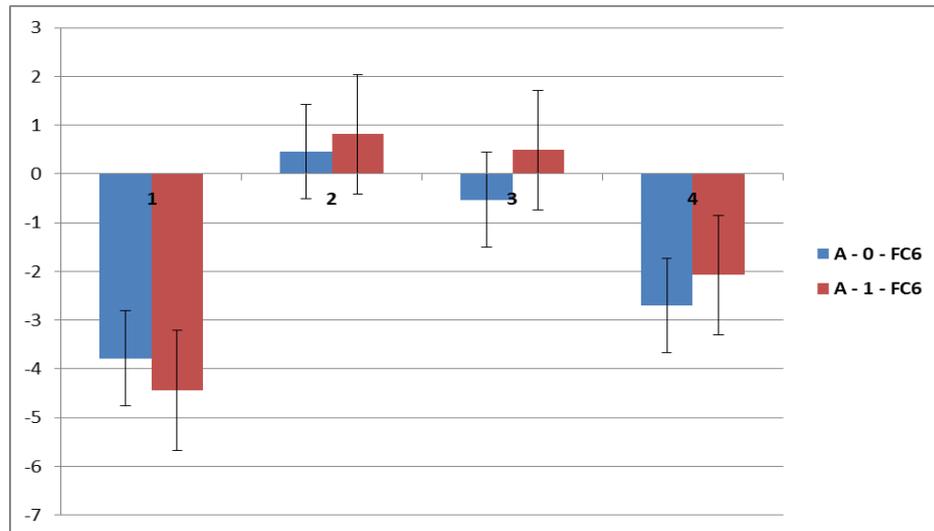
A tabela 38 apresenta diferença no comportamento dos resultados dos testes t pareado para o canal FC6, observa-se que os resultados foram diferentes entre dados consistentes e inconsistentes, para dados consistentes, há diferença significativa apenas entre a etapa 1 e as etapas 2 e 3. Em relação aos dados inconsistentes, o comportamento da etapa 1 permaneceu igual e além dela, a etapa 2 diferiu da etapa 4 e a etapa 3 diferiu da etapa 4.

Tabela 38 – resumo dos resultados do teste t pareado no canal FC6

Canal FC6		
ETAPAS (comparação par a par)	DADOS CONSISTENTES	DADOS INCONSISTENTES
ETAPA 1 – ETAPA 2	<b>Rejeita H0</b>	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 – ETAPA 3	<b>Rejeita H0</b>	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 – ETAPA 4	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 2 – ETAPA 3	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 2 – ETAPA 4	Aceita H0	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 3 – ETAPA 4	Aceita H0	<b>Rejeita H0</b>

Fonte: a autora (2020).

Analisando-se a média das potências para a banda alfa no canal FC6, o gráfico 17 mostra que, na etapa 1, os dados inconsistentes tiveram índice menor de potência indicando maior esforço cognitivo nessa etapa, porém, nas outras etapas do procedimento *tradeoff*, esse comportamento alterou-se; os dados consistentes apresentaram menores índices.

Gráfico 17 – potencial elétrico ( $\mu V$ ) em cada etapa para o canal FC6

Fonte: a autora (2020).

#### 4.2.2 Banda teta

Do mesmo modo, foram analisados os canais frontais AF3, AF4, F3, F4, F7, F8, FC5 e FC6 na banda Teta. Analisando-se o teste t-pareado para verificar a diferença entre os canais frontais do hemisfério esquerdo (AF3, F3, F7 e FC5) e direito (AF4, F4, F8 e FC6) para casos

com inconsistências e sem inconsistências nas etapas 1 (bisseção), 2 (ordenação), 3 (exploração do espaço consequência) e 4 (obtenção das constantes escala).

A tabela 39 ilustra o resultado do teste t pareado para os canais AF3 e AF4 na banda Teta para dados consistentes. Os resultados não mostraram diferenças estatisticamente significativas entre os canais.

Tabela 39 – resultado teste T pareado para AF3 e AF4 na banda Teta (dados consistentes)

		Diferenças emparelhadas					t	Df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	AF3 etapa 1 Af4 etapa 1	,75250	6,95998	1,68804	- 2,82599	4,33099	,446	16	,662
Par 2	AF3 etapa 2 Af4 etapa 2	2,21050	5,92257	1,43644	-,83460	5,25561	1,539	16	,143
Par 3	AF3 etapa 3 Af4 etapa 3	,64458	6,61572	1,60455	- 2,75691	4,04607	,402	16	,693
Par 4	AF3 etapa 4 Af4 etapa 4	,12752	9,06721	2,26680	- 4,70406	4,95909	,056	15	,956

Fonte: a autora (2020).

A tabela 40 ilustra o resultado do teste t pareado para os canais AF3 e AF4 na banda Teta para dados inconsistentes. Assim como para dados consistentes para esse par de canais, os resultados não mostraram diferenças estatisticamente significativas para dados inconsistentes.

Tabela 40 – resultado teste T pareado para AF3 e AF4 na banda Teta (dados inconsistentes)

		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio Padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	Af3 etapa1 - Af4 etapa1	,358	7,745	1,414	-2,534	3,250	,253	29	,802
Par 2	Af3 etapa2 - Af4 etapa2	-,708	6,301	1,150	-3,061	1,645	-,615	29	,543
Par 3	Af3 etapa3 - Af4 etapa3	-,847	6,495	1,206	-3,317	1,624	-,702	28	,488
Par 4	Af3 etapa4 - Af4 etapa4	,912	5,139	,954	-1,042	2,867	,956	28	,347

Fonte: a autora (2020).

A tabela 41 ilustra o resultado do teste t pareado para os canais F3 e F4 na banda Teta para dados consistentes. Os resultados não mostraram diferenças estatisticamente significativas para dados consistentes.

Tabela 41 – resultado teste T pareado para F3 e F4 na banda Teta (dados consistentes)

		Diferenças emparelhadas					T	Df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	F3 etapa 1 - F4 etapa 1	2,5090	5,2124	1,2642	-0,1710	5,1890	1,985	16	,065
Par 2	F3 etapa 2 - F4 etapa 2	1,0830	7,2097	1,7486	-2,6239	4,7898	,619	16	,544
Par 3	F3 etapa 3 - F4 etapa 3	0,9454	7,0197	1,7025	-2,6638	4,5546	,555	16	,586
Par 4	F3 etapa 4 - F4 etapa 4	3,5539	7,1696	1,7924	-0,2666	7,3743	1,983	15	,066

Fonte: a autora (2020).

Ainda para o mesmo par de canais, analisando a amostra de dados inconsistentes, na tabela 42, existe diferença estatisticamente significativa entre os canais F3 e F4 na etapa 1 (bissecção) e na etapa 4 (obtenção das constantes escalas).

Tabela 42 – resultado teste T pareado para F3 e F4 na banda Teta (dados inconsistentes)

		Diferenças emparelhadas					T	Df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	F3 etapa 1 - F4 etapa 1	4,1537	5,8333	1,0650	1,9756	6,3319	3,900	29	,001
Par 2	F3 etapa 2 - F4 etapa 2	2,0011	7,6482	1,3964	-0,8548	4,8570	1,433	29	,163
Par 3	F3 etapa 3 - F4 etapa 3	1,7945	5,7635	1,0703	-0,3978	3,9868	1,677	28	,105
Par 4	F3 etapa 4 - F4 etapa 4	3,1504	6,9832	1,2968	0,4941	5,8067	2,429	28	,022

Fonte: a autora (2020).

Para os canais F7 e F8, pode-se observar, na tabela 43, que nenhuma das quatro etapas mostrou diferença estatisticamente significativa para a amostra de dados consistentes.

Tabela 43 – resultado Teste T pareado para F7 e F8 na banda Teta (dados consistentes)

		Diferenças emparelhadas					T	Df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	F7 etapa 1 - F8 etapa 1	1,5323	7,6349	1,8517	-2,3932	5,4578	,828	16	,420
Par 2	F7 etapa 2 - F8 etapa 2	-3,0709	6,5264	1,5829	-6,4265	0,2847	- 1,940	16	,070
Par 3	F7 etapa 3 - F8 etapa 3	-0,4274	7,9298	1,9233	-4,5046	3,6497	-,222	16	,827
Par 4	F7 etapa 4 - F8 etapa 4	-0,3118	7,4371	1,8593	-4,2748	3,6511	-,168	15	,869

Fonte: a autora (2020).

A tabela 44 demonstra os resultados do teste t pareado para os canais F7 e F8 da amostra inconsistentes na banda teta. Os resultados mostram que não se pode afirmar que existe diferença estatisticamente significativa entre os canais nas etapas de 1 a 4.

Tabela 44 – resultado teste T pareado para F7 e F8 na banda Teta (dados inconsistentes)

		Diferenças emparelhadas					t	Df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	F7 etapa 1 - F8 etapa 1	-2,1483	7,2101	1,3164	-4,8406	0,5440	- 1,632	29	,113
Par 2	F7 etapa 2 - F8 etapa 2	-1,0151	7,5442	1,3774	-3,8321	1,8020	-,737	29	,467
Par 3	F7 etapa 3 - F8 etapa 3	-1,5485	6,6076	1,2270	-4,0619	0,9649	- 1,262	28	,217
Par 4	F7 etapa 4 - F8 etapa 4	-0,0647	7,3644	1,3675	-2,8660	2,7366	-,047	28	,963

Fonte: a autora (2020).

A análise para dados consistentes entre os canais FC5 e FC6 na banda teta pode ser vista na tabela 45, em que, em nenhuma das etapas, o par de canais mostrou diferença, ou seja, p-valor foi maior que 0,05.

Tabela 45 – resultado teste T pareado para FC5 e FC6 na banda Teta (dados consistentes)

		Diferenças emparelhadas					t	Df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio Padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	FC5 etapa 1 - FC6 etapa 1	-,6135	4,4957	1,0904	-2,9250	1,6979	-,563	16	,581
Par 2	FC5 etapa 2 - FC6 etapa 2	,0976	4,7762	1,1584	-2,3581	2,5533	,084	16	,934
Par 3	FC5 etapa 3 - FC6 etapa 3	-,8940	4,3492	1,0548	-3,1302	1,3422	-,848	16	,409
Par 4	FC5 etapa 4 - FC6 etapa 4	-,8455	5,4398	1,3599	-3,7441	2,0532	-,622	15	,543

Fonte: a autora (2020).

Para a amostra de dados inconsistentes com o par FC5 e FC6 na tabela 46, observa-se um resultado semelhante ao da amostra de dados consistentes, ou seja, não se tem diferença entre os canais nas etapas de 1 a 4.

Tabela 46 – resultado teste T pareado para FC5 e FC6 na banda Teta (dados inconsistentes)

		Diferenças emparelhadas					t	Df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio Padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de Confiança da Diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	FC5 etapa 1 - FC6 etapa 1	,7862	4,4317	,8091	-,8686	2,4410	,972	29	,339
Par 2	FC5 etapa 2 - FC6 etapa 2	,4549	4,3570	,7955	-1,1721	2,0818	,572	29	,572
Par 3	FC5 etapa 3 - FC6 etapa 3	-1,0387	4,6710	,8674	-2,8155	,7380	-1,198	28	,241
Par 4	FC5 etapa 4 - FC6 etapa 4	-,2999	4,0564	,7533	-1,8429	1,2431	-,398	28	,694

Fonte: a autora (2020).

Também, para a banda Teta, foi executado o teste t pareado para cada canal entre as etapas, verificando-se, assim, se há diferença significativa entre as etapas para um canal específico:

- etapa 1 com Etapa 2;
- etapa 1 com Etapa 3;
- etapa 1 com Etapa 4;
- etapa 2 com Etapa 3;
- etapa 2 com Etapa 4;
- etapa 3 com Etapa 4.

Dessa forma foram 6 comparações por canal, para verificar as possíveis diferenças de potenciais elétricos cerebrais na banda teta entre etapas. As hipóteses consideradas são:

- H0 – considera que a média entre as etapas são iguais;
- H1 – considera que a média das etapas são diferentes.

Na tabela 47, é possível observar a comparação das etapas no canal AF3 na banda teta, contrastando as amostras de dados consistentes e inconsistentes. É observado que nenhum resultado gerou diferença significativa. Porém, para a amostra de dados inconsistentes, observa-se diferença significativa entre a etapa 1 e etapa 2, entre a etapa 1 e etapa 3 e entre a etapa 2 e etapa 4.

Tabela 47 – resumo dos resultados do teste t pareado no canal AF3

Canal AF3		
ETAPAS (comparação par a par)	DADOS CONSISTENTES	DADOS INCONSISTENTES
ETAPA 1 – ETAPA 2	Aceita H0	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 – ETAPA 3	Aceita H0	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 – ETAPA 4	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 2 – ETAPA 3	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 2 – ETAPA 4	Aceita H0	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 3 – ETAPA 4	Aceita H0	Aceita H0

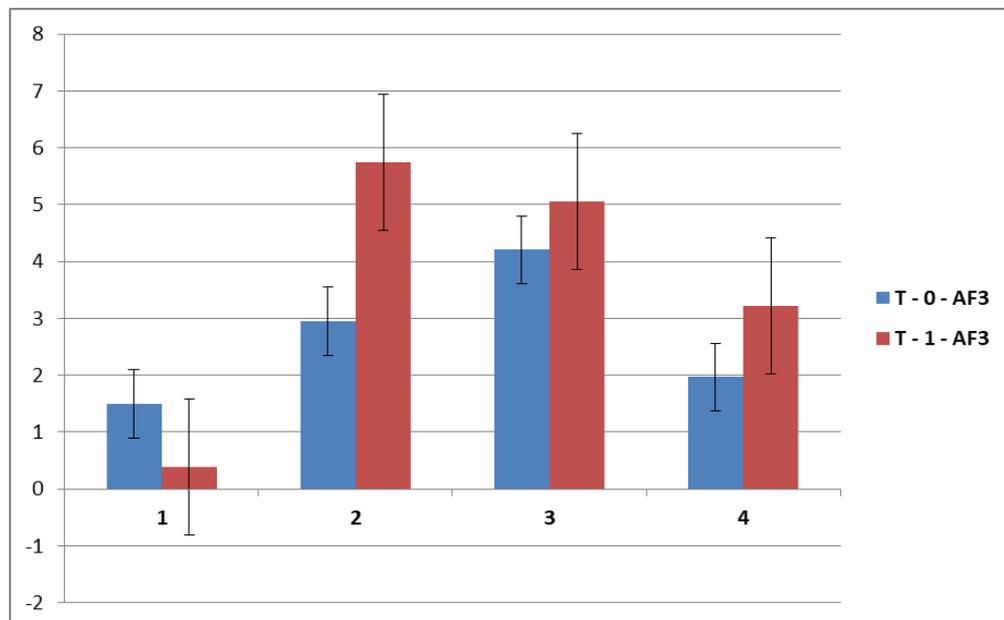
Fonte: a autora (2020).

Para o canal AF3, o gráfico 18 ilustra o comportamento dos potenciais elétricos, em que o eixo x representa as etapas do procedimento *tradeoff*, 1 (bissecção), 2 (ordenação), 3 (exploração do espaço consequência) e 4 (obtenção das constantes escala), e o eixo y

representa a magnitude dos potenciais elétricos. A amostra de dados consistentes são as barras em azul e para dados inconsistentes são ilustradas barras em vermelho.

No gráfico 18, observa-se que o índice mais baixo na banda teta está na etapa 1 (bisseção), que foi considerada pelos participantes a mais difícil, justificando, assim, baixos níveis pois o aumento na medida de teta está relacionado a fadiga, baixo engajamento e menor esforço cognitivo, dessa forma a etapa da bisseção teve os índices mais baixos pois foi a etapa de maior esforço cognitivo. No entanto, nota-se, na etapa 2, um comportamento diferente entre dados consistentes e inconsistentes, os índices de teta são maiores para dados inconsistentes, indicando menor engajamento para essa amostra.

Gráfico 18 – potencial elétrico ( $\mu V$ ) em cada etapa para o canal AF3



Fonte: a autora (2020).

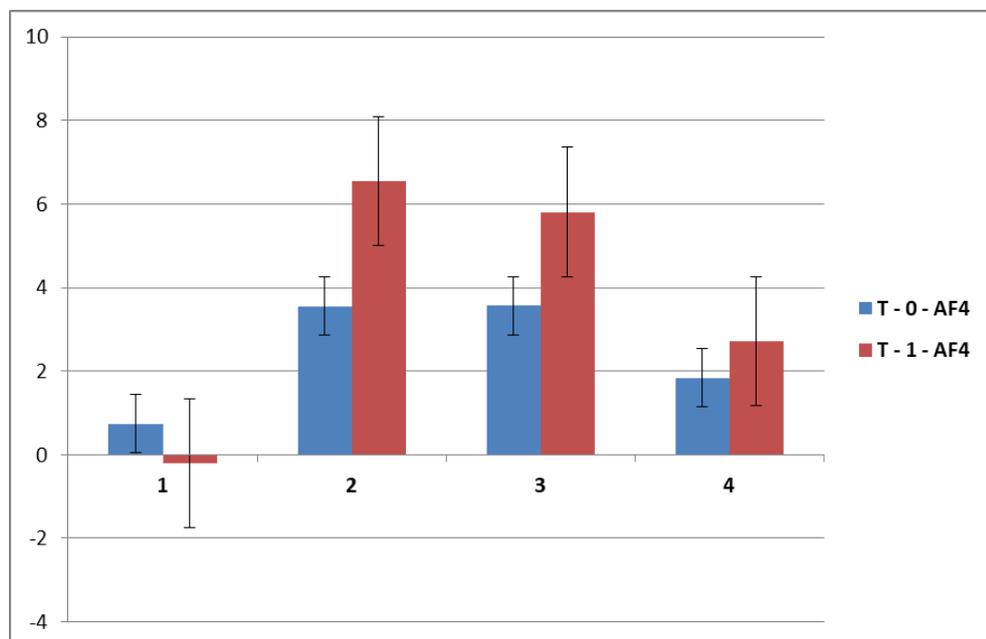
Analisando-se o canal ao lado direito AF4, na tabela 48, para dados consistentes, não há diferença significativa entre as etapas; para a amostra de dados inconsistentes, há: entre as etapas 1 e 2, entre as etapas 1 e 3, entre as etapas 2 e 4 e entre as etapas 3 e 4.

Tabela 48 – resumo dos resultados do teste t pareado no canal AF4

Canal AF4		
ETAPAS (comparação par a par)	DADOS CONSISTENTES	DADOS INCONSISTENTES
ETAPA 1 – ETAPA 2	Aceita H0	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 – ETAPA 3	Aceita H0	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 – ETAPA 4	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 2 – ETAPA 3	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 2 – ETAPA 4	Aceita H0	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 3 – ETAPA 4	Aceita H0	<b>Rejeita H0</b>

Fonte: a autora (2020).

No gráfico 19, observa-se um comportamento semelhante ao do canal AF4, o menor índice de potenciais elétricos na banda teta são na etapa 1 e na etapa 4, que, no *ranking* de dificuldade das etapas no questionário, foram consideradas as mais difíceis. Assim, estas foram as que mais demandaram esforço cognitivo, em contrapartida a etapa 2 de *ranking* foi considerada uma das mais fáceis tendo assim os maiores índices de teta.

Gráfico 19 – potencial elétrico ( $\mu V$ ) em cada etapa para o canal AF4

Fonte: a autora (2020).

Na tabela 49, observa-se que, no canal F3 (hemisfério esquerdo), para dados consistentes, há diferença significativa entre as etapas 1 e 2, e, para a amostra de dados inconsistentes, esse padrão não muda.

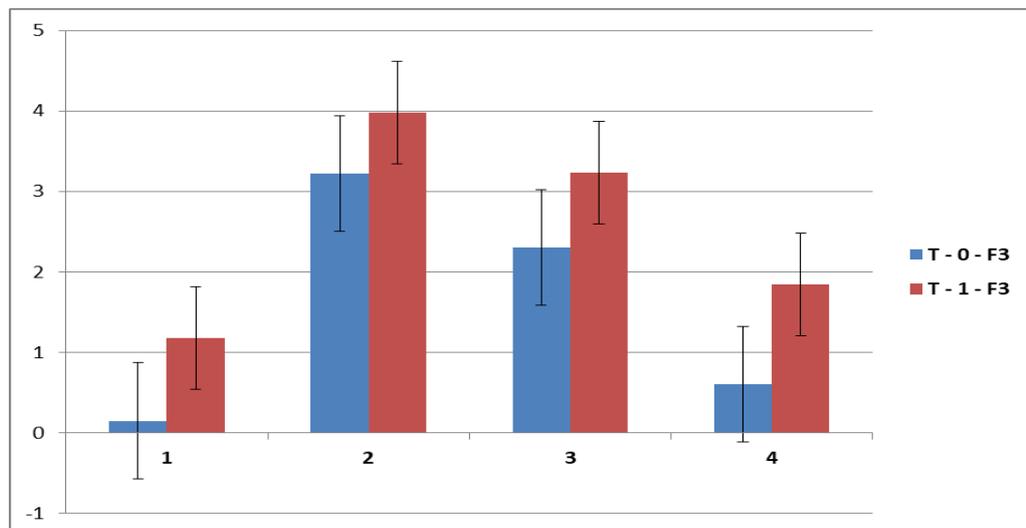
Tabela 49 – resumo dos resultados do teste t pareado no canal F3

Canal F3		
ETAPAS (comparação par a par)	DADOS CONSISTENTES	DADOS INCONSISTENTES
ETAPA 1 – ETAPA 2	<b>Rejeita H0</b>	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 – ETAPA 3	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 1 – ETAPA 4	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 2 – ETAPA 3	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 2 – ETAPA 4	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 3 – ETAPA 4	Aceita H0	Aceita H0

Fonte: a autora (2020).

No gráfico 20, observa-se que, na etapa 1, o canal F3 apresentou potenciais elétricos menores que nas outras etapas e há crescimento da etapa 1 para a etapa 2 que é a etapa de ordenação que foi a etapa executada com maior rapidez pelos participantes, no entanto, esse potencial elétrico decresce à medida que avança nas etapas até chegar na etapa 4, relativa à obtenção das constantes escala. Isso indica que, em um *ranking* decrescente de engajamento: etapa 1 (bisseção), etapa 4 (obtenção das constantes escala), etapa 3 (exploração do espaço consequência) e com menor engajamento etapa 2 (ordenação).

Gráfico 20 – potencial elétrico ( $\mu V$ ) em cada etapa para o canal F3



Fonte: a autora (2020).

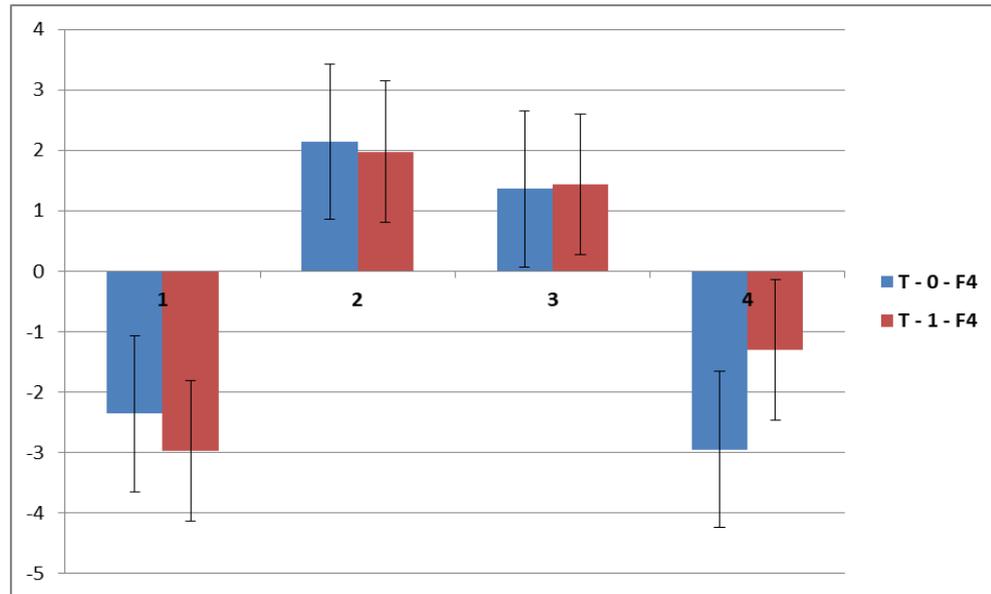
A tabela 50 apresenta os resultados do teste t pareado para a amostra de dados consistentes do canal F4 analisando entre as etapas a diferença de médias, verifica-se que os pares de comparação entre as etapas 1 e 2, etapas 1 e 3, etapas 2 e 4 e etapas 3 e 4 rejeitam a hipótese H0, ou seja, consideram a hipótese H1 de que as etapas demonstram diferenças significativas. A mesma análise se enquadra para a amostra dos dados inconsistentes, pois apresentam o mesmo padrão de resultado.

Tabela 50 – resumo dos resultados do teste t pareado no canal F4

Canal F4		
ETAPAS (comparação par a par)	DADOS CONSISTENTES	DADOS INCONSISTENTES
ETAPA 1 – ETAPA 2	<b>Rejeita H0</b>	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 – ETAPA 3	<b>Rejeita H0</b>	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 – ETAPA 4	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 2 – ETAPA 3	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 2 – ETAPA 4	<b>Rejeita H0</b>	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 3 – ETAPA 4	<b>Rejeita H0</b>	<b>Rejeita H0</b>

Fonte: a autora (2020).

É possível verificar, no gráfico 21, que, para banda teta, da etapa 1 para 2, os potenciais elétricos crescem indicando diminuição de engajamento, nas etapas 2 e 3, os resultados são próximos, mas apresentam uma tendência a diminuir, o que representa aumento do esforço cognitivo nessas etapas. Para ambas amostras, a barra de erro é grande, o que demonstra variação nos dados.

Gráfico 21 – potencial elétrico ( $\mu V$ ) em cada etapa para o canal F4

Fonte: a autora (2020).

Para o canal F7, a tabela 51 mostra que, para dados consistentes, existem diferença significativa entre as etapas 1 e 2, e entre as etapas 1 e 3. Para dados inconsistentes, além da diferença encontrada nos dados consistentes, tem-se a diferença entre as etapas 1 e 4.

Tabela 51 resumo dos resultados do teste t pareado no canal F7

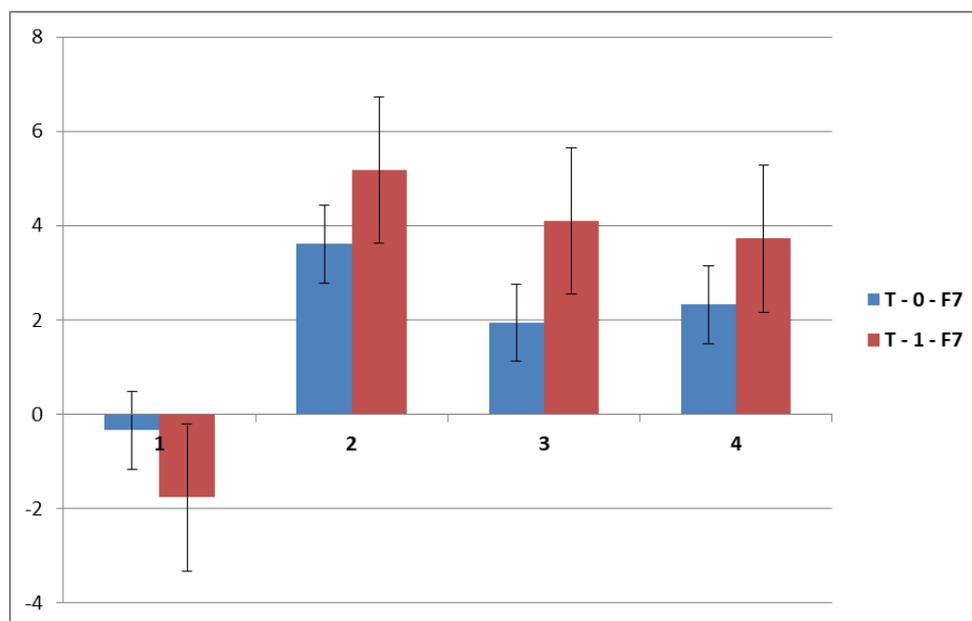
ETAPAS (comparação par a par)	Canal F7	
	DADOS CONSISTENTES	DADOS INCONSISTENTES
ETAPA 1 – ETAPA 2	<b>Rejeita H0</b>	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 – ETAPA 3	<b>Rejeita H0</b>	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 – ETAPA 4	Aceita H0	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 2 – ETAPA 3	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 2 – ETAPA 4	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 3 – ETAPA 4	Aceita H0	Aceita H0

Fonte: a autora (2020).

No gráfico 22, observa-se o comportamento dos potenciais elétricos ao decorrer das etapas para a banda teta. Na etapa 1, o comportamento dos dados inconsistentes foi menor que os dos dados consistentes, porém, nas demais etapas, ocorreu o inverso. Na ordenação a amostra de dados inconsistentes possui as médias de potenciais elétricos maiores, isso pode indicar menor engajamento e esforço cognitivo na etapa de ordenação dos critérios. Porém, a

barra de erro dos dados inconsistentes é maior, indicando que os dados variaram mais que a amostra de dados consistentes.

Gráfico 22 – potencial elétrico ( $\mu V$ ) em cada etapa para o canal F7.



Fonte: a autora (2020).

Para o canal F8, observando-se o resumo do teste t pareado entre etapas na tabela 52, em relação a dados consistentes, apenas o par (Etapa 1 – Etapa 2) mostrou diferença significativa e, para a amostra de dados inconsistentes, todas as etapas, quando comparadas à etapa 1, mostraram diferença significativa, ou seja, a etapa da bisseção foi diferente de todas as outras etapas de forma significativa.

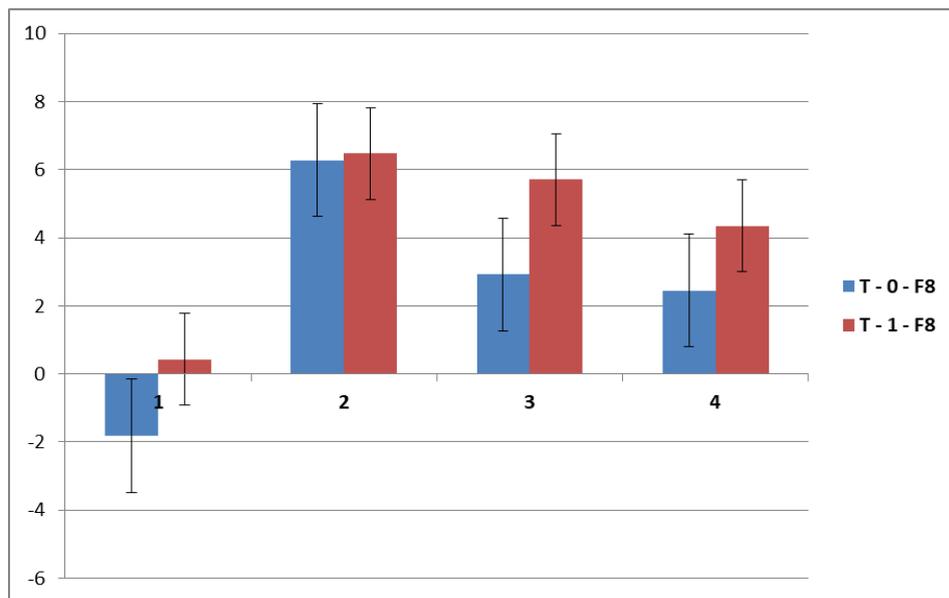
Tabela 52 – resumo dos resultados do teste t pareado no canal F8

ETAPAS (comparação par a par)	Canal F8	
	DADOS CONSISTENTES	DADOS INCONSISTENTES
ETAPA 1 – ETAPA 2	<b>Rejeita H0</b>	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 – ETAPA 3	Aceita H0	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 – ETAPA 4	Aceita H0	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 2 – ETAPA 3	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 2 – ETAPA 4	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 3 – ETAPA 4	Aceita H0	Aceita H0

Fonte: a autora (2020).

No gráfico 23, em todas as etapas, para a frequência da banda teta, os dados consistentes apresentaram valores menores de potência, sugerindo maior engajamento e atenção à execução das etapas, mais especificamente, a etapa 1 apresenta os índices mais baixo em comparação às demais, corroborando, assim, o nível de dificuldade enfrentado pelos participantes nessa etapa. A etapa 2 de *ranking* constituiu a etapa com a menor diferença entre as amostras.

Gráfico 23 – potencial elétrico ( $\mu V$ ) em cada etapa para o canal F8



Fonte: a autora (2020).

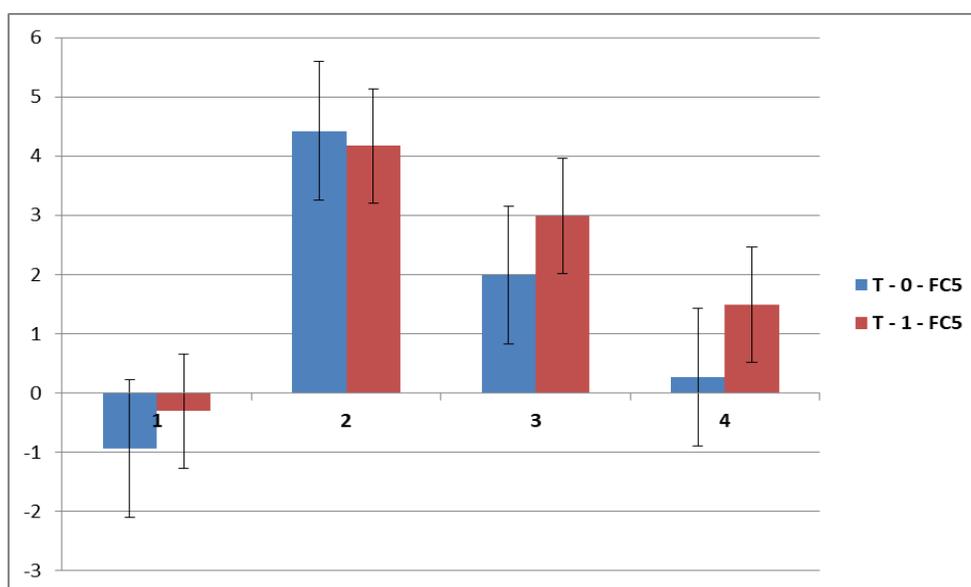
A tabela 53 apresenta diferença no comportamento dos resultados do teste t pareado para o canal FC5 entre as amostras de dados consistentes e inconsistentes. Observa-se que a etapa 1 difere, estatisticamente, das etapas 2 e 3, assim como a etapa 2 difere das etapas 3 e 4 para análise feita com os dados consistentes. Em relação aos dados inconsistentes, a etapa 1 tem mesmo comportamento em relação às outras, já a etapa 2 difere, apenas, da etapa 4.

Tabela 53 – resumo dos resultados do teste t pareado no canal FC5

Canal FC5		
ETAPAS (comparação par a par)	DADOS CONSISTENTES	DADOS INCONSISTENTES
ETAPA 1 – ETAPA 2	<b>Rejeita H0</b>	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 – ETAPA 3	<b>Rejeita H0</b>	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 – ETAPA 4	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 2 – ETAPA 3	<b>Rejeita H0</b>	Aceita H0
ETAPA 2 – ETAPA 4	<b>Rejeita H0</b>	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 3 – ETAPA 4	Aceita H0	Aceita H0

Fonte: a autora (2020).

Comparando-se as duas amostras (dados consistentes em azul e dados inconsistentes em vermelho) para a banda teta no gráfico 24, as etapas 3 e 4 foram as que mais diferiram em relação aos valores de potenciais elétricos. Esse gráfico ilustra um comportamento semelhante aos demais canais.

Gráfico 24 – potencial elétrico ( $\mu V$ ) em cada etapa para o canal FC5

Fonte: a autora (2020).

A tabela 54 mostra que os resultados foram diferentes entre dados consistentes e inconsistentes. Para dados consistentes, há diferença significativa apenas entre a etapa 1 com

as etapas 2 e 3. Em relação aos dados inconsistentes, o comportamento da etapa 1 diferiu de todas as outras etapas que estão sendo comparadas e, além dela, a etapa 2 diferiu da etapa 4.

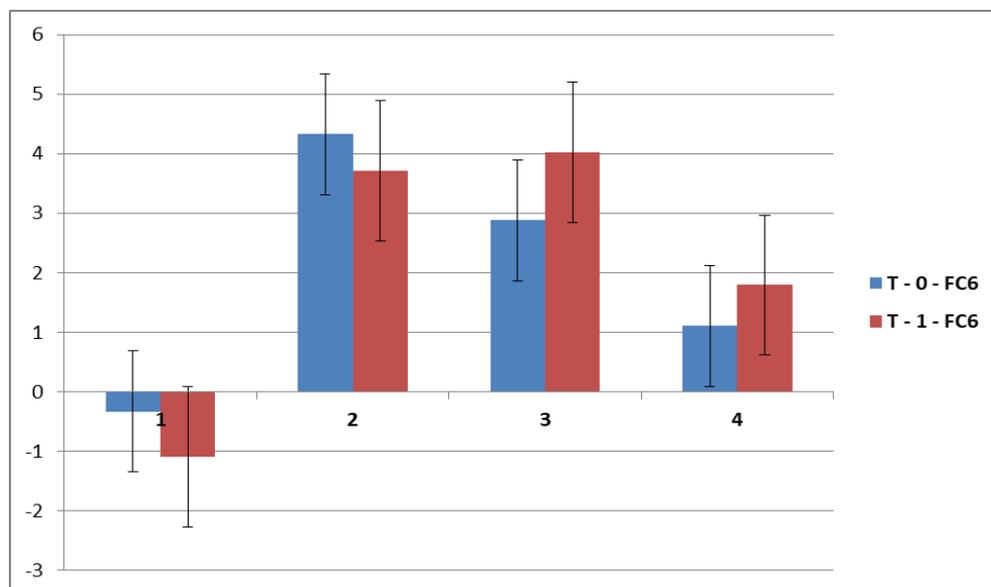
Tabela 54 – resumo dos resultados do teste t pareado no canal FC6

Canal FC6		
ETAPAS (comparação par a par)	DADOS CONSISTENTES	DADOS INCONSISTENTES
ETAPA 1 – ETAPA 2	<b>Rejeita H0</b>	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 – ETAPA 3	<b>Rejeita H0</b>	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 1 – ETAPA 4	Aceita H0	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 2 – ETAPA 3	Aceita H0	Aceita H0
ETAPA 2 – ETAPA 4	Aceita H0	<b>Rejeita H0</b>
ETAPA 3 – ETAPA 4	Aceita H0	Aceita H0

Fonte: a autora (2020).

No canal FC6, o gráfico 25 mostra que, na etapa 1, os índices de teta são menores em relação a todas as outras etapas, indicando maior engajamento nessa etapa e o segundo menor índice é da etapa 4.

Gráfico 25 – potencial elétrico ( $\mu V$ ) em cada etapa para o canal FC6



Fonte: a autora (2020).

#### 4.3 *INSIGHTS* DO ESTUDO COMPORTAMENTAL PARA MELHORIA DO PROCEDIMENTO *TRADEOFF*

Avanços recentes oferecem a oportunidade de capturar e analisar características psicofisiológicas que possam, de forma confiável, prever possíveis mudanças dos padrões cognitivos no comportamento do decisor. Essa oportunidade, por sua vez, permite prever sistemas inteligentes de suporte à decisão que podem, efetivamente, reconhecer e atender às necessidades dos usuários em um nível personalizado.

Com a análise dos dados do *eye-tracking*, observou-se que a maior diferença entre a média das pupilas dos dados consistentes e inconsistentes ocorreu na etapa 1, etapa da Bisseção, em que os dados consistentes apresentaram médias pupilométricas superiores aos dados inconsistentes. Isso corrobora os estudos de Beatty (1982) que revisou uma grande quantidade de dados experimentais e concluiu que a dilatação da pupila é um indicador confiável de trabalho mental, que aumentos relativos no diâmetro da pupila se correlacionam com aumentos na carga de trabalho.

Dessa forma os dados da pupila da amostra de dados consistentes possuem comportamento condizente com o nível de dificuldade relatado pelos participantes sobre as etapas do procedimento, já a média da pupila dos dados inconsistentes pode indicar que as etapas mais complexas podem não ter sido executadas com a devida atenção. Assim uma proposta para melhorar o processo seria o estudo de outras formas de abordagens das etapas que mais exigem esforço do decisor para verificar se há diminuição dos índices de inconsistências.

Em relação aos dados do EEG, existem duas premissas na literatura que serviram de base para as análises, conforme foi discutido no capítulo 2, a frequência alfa tem sido associada à função inibitória do cérebro e, portanto, é assumida uma relação negativa com os níveis de ativação neural e o aumento da atividade da banda teta pode estar relacionada à fadiga, baixo engajamento e níveis baixos de esforço cognitivo. Com isso, foram analisadas as duas bandas para aprofundar as investigações.

O teste t-pareado, executado para comparar os canais frontais do hemisfério esquerdo (AF3, F3, F7 e FC5) aos canais do hemisfério direito (AF4, F4, F8 e FC6), para casos com inconsistências e sem inconsistências nas etapas, não demonstrou grandes diferenças, porém, em relação ao teste t, pareado por meio de comparação dos pares às etapas, foram encontradas

diferenças nos padrões de potenciais elétricos cerebrais. De forma geral, a respeito da comparação entre as etapas do procedimento *tradeoff*, o padrão dos potenciais na banda alfa para a amostra de dados consistentes mostrou-se menor em relação à amostra de dados inconsistentes. A partir desse resultado, supõe-se que participantes que não foram inconsistentes demandaram maior esforço cognitivos analisando as etapas de forma geral.

A banda teta corrobora a suposição da banda alfa, pois o aumento da atividade da banda teta pode estar relacionado à fadiga, baixo engajamento e níveis baixos de esforço cognitivo, do mesmo modo, a mostra de dados consistentes de forma geral se mostraram menores que os inconsistentes. Dessa forma, deve-se procurar oportunidades para melhorar aspectos que chamem mais atenção de forma a engajar mais o decisor principalmente nas etapas mais complicadas do processo, a fim de diminuir os índices de inconsistências.

#### 4.4 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Este capítulo apresentou inicialmente algumas hipóteses de pesquisa sobre as ferramentas de neurociência, partindo desses questionamentos, foram analisadas as variações da pupila durante o processo de tomada de decisão. Test t foi executado para comparar as amostras de dados consistentes com a amostra de dados inconsistentes em cada etapa, e como resultado apenas uma etapa não se mostrou estatisticamente significativa para a diferença da média das pupilas, que foi a etapa de exploração do espaço consequência

Foi abordada, também, a investigação do comportamento do decisor com dados coletados com o EEG. Nesta seção, inicialmente, foi investigado se havia diferença significativa para a região frontal do cérebro entre os hemisférios direito e esquerdo para as duas amostras com e sem inconsistências nas etapas 1 (bisseção), 2 (ordenação), 3 (exploração do espaço consequência) e 4 (obtenção das constantes escala), o que, de forma geral, não demonstrou diferença significativa para apontar assimetria.

Outra análise foi feita para os mesmos canais, porém, verificando-se o comportamento de cada canal entre as etapas do procedimento *Tradeoff*, ou seja, observou-se a presença de diferença significativa analisando as etapas em pares. Essa análise, por sua vez, mostrou vários resultados de diferenças significativas entre as etapas e pode servir de início para possíveis melhorias nos processos de tomada de decisão.

## 5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este último capítulo está dividido em dois subtópicos, o primeiro apresenta os pontos principais de forma resumida, discutindo sobre os resultados da pesquisa. O segundo subtópico aborda melhorias e sugestões para trabalhos futuros que darão continuidade aos resultados obtidos.

### 5.1 CONCLUSÕES

São crescentes o número de trabalhos que incorporam ferramentas de neurociência para entender processos cognitivos. Esta dissertação se enquadra como uma pesquisa exploratória que objetiva a análise do procedimento *Tradeoff* com a integração da neurociência no contexto de tomada de decisão multicritério. A neurociência é uma ferramenta que mensura aspectos involuntários do decisor e, neste trabalho, foram medidos dados eletrofisiológicos com *Eye-tracking* e EEG.

Muitos trabalhos foram encontrados na literatura sobre questões de neurociência e decisão multicritério, porém poucos abordam os dois assuntos juntos e existem poucos estudos sobre o método *Tradeoff*. Os estudos que falam sobre inconsistências geralmente estão relacionados com métodos de informação parcial. Dessa forma este trabalho tenta preencher a lacuna que há na literatura de estudos que envolvem os assuntos de MCDM com análises de neurociência e estudo sobre o método *Tradeoff*.

Analisando-se os dados de decisão dos participantes, o experimento indica que a maioria dos dados apresenta tendência ao comportamento linear na bisseção para análise dos critérios de decisão, pois 51.60% dos comportamentos encontrados apresentaram função valor parcial (FVP) pouco convexa e uma quantidade relevante também é observada para dados com funções pouco côncavas com 33,69%. Dessa forma, o comportamento “pouco” é predominante tanto para côncavo quanto para convexo, indicando uma tendência à linearidade dos dados.

Analisando-se os comportamentos em forma de *ranking* decrescente de número de inconsistências, tem-se dados medianamente convexos 64,71%, medianamente côncavo 44,44% (amostra pequena), muito convexo 36,36%, pouco côncavo 35,71%, pouco convexo 31,61%, muito côncavo 28,57%. Para problemas com até 5 critérios, o número de ocorrências das inconsistências se concentra nas primeiras posições de ordenação, já para problemas com

número de critérios maior que 5, há uma distribuição do número de inconsistências mais difusa. Essa diferença pode indicar que, para problemas com poucos critérios, o decisor apresentou uma preferência preestabelecida das primeiras posições do *ranking* e executou essa etapa sem muito esforço e pode ter sido precipitado no ranking, mudando sua preferência durante o experimento e, para problemas com maior número de critérios, o decisor pode ter analisado com maior cautela as primeiras posições do ranking, no entanto, por ter uma quantidade maior para verificação, pode ter gerado maior dúvida principalmente nas posições intermediárias.

Os pares NN foram mais inconsistentes que os CC, com 26,06% e 20,63% respectivamente de inconsistências, porém, quando associados CN-NC, a porcentagem da inconsistência aumentou para 37,04%. A partir desse fenômeno observado, supõe-se que existe dificuldade de comparar critérios naturais com critérios construídos, que, no caso desse experimento, na sua grande maioria, eram de escala verbal.

Na etapa de inconsistências, o decisor poderia escolher entre 3 opções, que podem ser visualizadas no gráfico 01. A opção 1 significa mudar as preferências, ou seja, transformar a inconsistência em consistente e aproximadamente 67,39% optaram por ela. A opção 2 significa refazer a elicitação para o par inconsistente, representando, apenas, 8,7% dos dados e a opção 3 significa continuar e obter os resultados continuando com a inconsistência, essa opção representa, aproximadamente, 26,09%.

O percentual de escolha da opção 2 foi bem menor em relação às outras duas opções, isso pode ser devido à falta de entendimento dessa opção, ou mesmo à falta de paciência do decisor em refazer o procedimento de elicitação para os pares inconsistentes. A tabela 04 ilustra os resultados dos participantes que optaram pela opção 2, ou seja, refazer o par que gerou a inconsistência, mostrando que, após refazer o processo de elicitação para o par, a maioria dos dados permaneceram inconsistentes.

Analisando-se os dados com as ferramentas de neurociência, para os dados da pupila, apenas a etapa de exploração não mostrou diferença estatística entre as amostras consistentes e inconsistentes. Ainda, considerando-se a variação da pupila, para dados consistentes, observaram-se maiores valores de média nas etapas análise dos resultados, bisseção e obtenção das constantes escala e essas também foram as etapas de maior variação. Em relação às análises dos dados inconsistentes, as etapas que mais variaram foram exploração e bisseção e os maiores valores de média foram a etapa de análise de resultados seguido da etapa de análise de inconsistências. A etapa da bisseção teve valor próximo ao da ordenação.

Em relação à análise dos dados com o EEG, para comparação entre os canais do hemisfério esquerdo e direito na banda alfa, no caso de dados inconsistentes, os canais F3 e F4 demonstraram diferença significativa na etapa 1 (bisseção) e na etapa 4 (obtenção das constantes escalas). No entanto, para dados consistentes nos canais F3 e F4, apenas na etapa 4 (obtenção das constantes escalas) houve diferença significativa entre os canais na banda alfa

De forma geral, para a banda alfa, os canais tiveram comportamento semelhante, pois os menores índices de potência ocorreram na etapa 1 da bisseção, aumentando, na etapa 2, de ordenação e voltando a decrescer na etapa 3 de exploração do espaço consequência, decrescendo até a etapa 4 de obtenção das constantes de escala. Esse comportamento indica maior esforço cognitivo nas etapas que foram consideradas pelos participantes mais difíceis e mais demoradas.

O comportamento nos gráficos da banda alfa indica que, de forma global, os dados consistentes se mostraram menores em comparação à amostra de dados inconsistentes, o que corrobora a suposição de que os participantes que não apresentaram inconsistências estavam mais engajados e mais atentos do que os participantes que geraram inconsistências e a análise feita da banda teta corrobora essa conclusão, pois o aumento da banda teta pode estar relacionado à fadiga, baixo engajamento e menor esforço cognitivo. Os menores índices de teta foram encontrados nas etapas mais complicadas, ou seja, de maior esforço cognitivo, que foram as etapas 1 (bisseção) e 4 (obtenção das constantes escalas).

Nessa perspectiva, o trabalho apresentou estudo exploratório sobre análise comportamental com o procedimento de elicitação *tradeoff*, pesquisa que buscou minimizar a lacuna nos estudos de análise de decisão multicritério e entender aspectos mais intrínsecos aos processos de tomada de decisão. De forma investigativa, obtiveram-se particularidades sobre o esforço cognitivo nas etapas do procedimento *tradeoff*, e isso podem servir de apoio para futuras pesquisas em decisão multicritério e para melhoria do *software* utilizado nessa pesquisa e de procedimentos de suporte a tomada de decisão.

## 5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Conforme mencionado ao longo do trabalho, o procedimento *tradeoff* é pouco explorado e possui muitas oportunidades de pesquisas relacionadas ao seu alto percentual de resultados inconsistentes. Dessa forma, com base no estudo do aspecto comportamental de

elicitação das preferências, há muitas variáveis envolvidas desde dados neurofisiológicos até especificidades atreladas a cada tipo de problema.

Assim, todas essas informações ainda podem ser relacionadas, pois este trabalho possui caráter exploratório e foram levantadas diversas variáveis que ainda podem gerar futuras pesquisas mais específica, pois ainda existem questionamentos como:

- o tipo do problema tem alguma influência no número de inconsistências?
- O padrão muda a depender do número de critérios?

Sendo assim, uma análise comportamental com uso de ferramentas de neurociência pode ser um ponto de partida para diversas descobertas e um futuro trabalho interessante seria a comparação utilizando os mesmos parâmetros para o *Flexible and Interactive Tradeoff (FITRADEOFF)* por ser uma alternativa que utiliza informação parcial. Assim, seria possível verificar a diferença no impacto dos dados que geram inconsistências.

## REFERÊNCIAS

- BAŞAR, E. et al. Gamma, alpha, delta, and theta oscillations govern cognitive processes. **International Journal of Psychophysiology**, v. 39, n. 2–3, p. 241–248, 2001.
- BEATTY, J., LUCERO-WAGONER, B. The pupillar system. In: **Handbook of Psychophysiology**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. p. 142– 162.
- BEATTY, J. Task-evoked pupillary responses, processing load, and the structure of processing resources. **Psychological Bulletin**, v. 91, n. 2, p. 276–292, 1982.
- BELTON, V.; STEWART, T. . **MULTIPLE CRITERIA DECISION An Integrated Approach**. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers, 2002.
- CAVANAGH, J. F. et al. Eye tracking and pupillometry are indicators of dissociable latent decision processes. **Journal of Experimental Psychology: General**, v. 143, n. 4, p. 1476–1488, 2014.
- COHEN, J. D.; ASTON-JONES, G. Decision amid uncertainty. **Advanced Materials**, v. 17, n. 16, p. 1977–1981, 2005.
- CRESWELL, J. W. **Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches**. London: SAGE Publications Ltd., 2014.
- DAVIDSON, R. J. et al. Approach-Withdrawal and Cerebral Asymmetry: Emotional Expression and Brain Physiology I. **Journal of Personality and Social Psychology**, v. 58, n. 2, p. 330–341, 1990.
- DE ALMEIDA, A.T., CAVALCANTE, C.A.V., ALENCAR, M.H., FERREIRA, R.J.P., DE ALMEIDA-FILHO, A.T., G. T. V. **Multicriteria and Multiobjective Models for Risk, Reliability and Maintenance Decision Analysis**. New York: Springer, 2015.
- DE ALMEIDA, A. T. **O Conhecimento e o Uso de Métodos Multicritério de Apoio a Decisão**. 2ª Edição ed. Editora Universitária da UFPE, 2011.
- DE ALMEIDA, A. T. **Processo de Decisão nas Organizações: Construindo Modelos de Decisão Multicritério**. Editora Atlas, 2013.
- DE ALMEIDA, A. T. et al. A new method for elicitation of criteria weights in additive models: Flexible and interactive tradeoff. **European Journal of Operational Research**, v. 250, n. 1, p. 179–191, 2016.
- EAGLEMAN, D. **The Brain**. Canongate Books, 2015.
- FEHRENBACHER, D. D.; DJAMASBI, S. Information systems and task demand: An exploratory pupillometry study of computerized decision making. **Decision Support Systems**, v. 97, n. 2016, p. 1–11, 2017.

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

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

FRENCH, S.; MAULE, J.; PAPAMICHAIL, N. Decision Behaviour, Analysis and Support. p. 467, 2009.

GENG, J. J. et al. Pupil diameter reflects uncertainty in attentional selection during visual search. **Frontiers in Human Neuroscience**, 2015.

GIL, A. Como elaborar projetos de pesquisa. **São Paulo**, 2002.

GOLDINGER, S. D.; PAPESH, M. H. Pupil Dilation Reflects the Creation and Retrieval of Memories. **Current Directions in Psychological Science**, v. 21, n. 2, p. 90–95, 2012.

HARMONY, T. The functional significance of delta oscillations in cognitive processing. **Frontiers in Integrative Neuroscience**, v. 7, n. DEC, p. 1–10, 2013.

JAMES, C. J.; GIBSON, O. J. Temporally constrained ICA: An application to artifact rejection in electromagnetic brain signal analysis. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, v. 50, n. 9, p. 1108–1116, 2003.

JUST, M. A.; CARPENTER, P. A.; MIYAKE, A. Neuroindices of cognitive workload: Neuroimaging, pupillometric and event-related potential studies of brain work. **Theoretical Issues in Ergonomics Science**, v. 4, n. 1–2, p. 59–88, 2003.

KAHNEMAN, D. **Thinking fast, thinking slow** Interpretation, Tavistock, London, 2011.

KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. **Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-Offs** New York Cambridge University Press, 1993.

KIM, J. H.; AHN, B. S. Extended VIKOR method using incomplete criteria weights. **Expert Systems with Applications**, v. 126, p. 124–132, 2019.

KLIMESCH, W. Alpha-band oscillations, attention, and controlled access to stored information. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 16, n. 12, p. 606–617, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2012.10.007>>. Acesso em: 15/08/2019.

KLOOSTERMAN, N. A. et al. Pupil size tracks perceptual content and surprise. **European Journal of Neuroscience**, v. 41, n. 8, p. 1068–1078, 2015.

KOTHARI, C. R. **Research Methodology: Methods and Techniques**. New Delhi: New Age International (P) Ltd., 2004.

LAENG, B.; SIROIS, S.; GREDEBÄCK, G. Pupillometry: A window to the preconscious?

**Perspectives on Psychological Science**, 2012.

LAKSHMI, M.; PRASAD, D.; PRAKASH, D. Survey on EEG signal processing methods. **International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering**, v. 4, n. 1, p. 84–91, 2014.

MANSOURI, S. A. et al. Towards multi-objective decision support for on-line shopping. v. 44, n. 0, p. 1–21, 2011.

MORIDIS, C. N. et al. Using EEG Frontal Asymmetry to Predict IT User's Perceptions Regarding Usefulness, Ease of Use and Playfulness. **Applied Psychophysiology Biofeedback**, v. 43, n. 1, p. 1–11, 2018.

NÉMETH, B. et al. Comparison of weighting methods used in multicriteria decision analysis frameworks in healthcare with focus on low-and middle-income countries. **Journal of Comparative Effectiveness Research**, v. 8, n. 4, p. 195–204, 2019.

OLIVKOVÁ, I. Evaluation of Quality Public Transport Criteria in Terms of Passenger Satisfaction. **Transport and Telecommunication**, v. 17, n. 1, p. 18–27, 2016.

ORQUIN, J. L.; ASHBY, N. J. S.; CLARKE, A. D. F. Areas of Interest as a Signal Detection Problem in Behavioral Eye-Tracking Research. **Journal of Behavioral Decision Making**, v. 29, n. 2–3, p. 103–115, 2016.

PALVA, S.; PALVA, J. M. New vistas for  $\alpha$ -frequency band oscillations. **Trends in Neurosciences**, v. 30, n. 4, p. 150–158, abr. 2007.

PLOUS, S. **The Psychology of Judgment and Decision Making**. McGraw-Hill, 1993.

RAMSØY, T. Z. et al. Frontal brain asymmetry and willingness to pay. **Frontiers in Neuroscience**, v. 12, n. MAR, 2018.

RAZMAK, J.; AOUNI, B. Decision support system and multi-criteria decision aid: A state of the art and perspectives. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, v. 22, n. 1–2, p. 101–117, 1 jan. 2015.

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

RIABACKE, M.; DANIELSON, M.; EKENBERG, L. **State-of-the-art prescriptive criteria weight elicitation** *Advances in Decision Sciences*, 2012. .

ROY, B. **Multicriteria Methodology for Decision Aiding**. Boston, MA: Springer US, 1996. v. 12

SCOTT, J. et al. A decision support system for supplier selection and order allocation in stochastic, multi-stakeholder and multi-criteria environments. **International Journal of Production Economics**, v. 166, p. 226–237, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.11.008>>. Acesso em: 22/07/2019.

SHEN, L. et al. A fuzzy multi criteria approach for evaluating green supplier's performance in green supply chain with linguistic preferences. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 74, p. 170–179, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.09.006>>. Acesso em: 07/08/2019.

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

SIMON, H. A. A Behavioral Model of Rational. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 69, n. 1, p. 99–118, 1955.

SIMON, H. A. **The New Science of Management Decision**. New York: Haper & Brothers Publishers, 1960.

SOLTANI, A. et al. Multiple stakeholders in multi-criteria decision-making in the context of municipal solid waste management: A review. **Waste Management**, v. 35, p. 318–328, 2015.

STEWART, N.; HERMENS, F.; MATTHEWS, W. J. Eye Movements in Risky Choice. **Journal of Behavioral Decision Making**, v. 29, n. 2–3, p. 116–136, 2016.

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

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

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

WEBER, M.; BORCHERDING, K. Behavioral influences on weight judgments in multiattribute decision making. **European Journal of Operational Research**, v. 67, n. 1, p. 1–12, 1993.

## APÊNDICE A – RESULTADOS DOS TESTES T PAREADO.

Tabela 1 – Teste T pareado para AF3 e AF4 na banda Alfa entre etapas (dados consistentes)

		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	Etapa 1 Af3 - Etapa 2 Af3	- 1,763 5	6,1423	1,4897	- 4,9216	1,3946	- 1,1838	16	,254
Par 2	Etapa 1 Af3 - Etapa 3 Af3	- 3,334 3	7,9553	1,9294	- 7,4245	0,7560	- 1,7281	16	,103
Par 3	Etapa 1 Af3 - Etapa 4 Af3	- 0,733 5	7,4819	1,8705	- 4,7203	3,2533	- 0,3921	15	,700
Par 4	Etapa 2 Af3 - Etapa 3 Af3	- 1,570 8	6,2876	1,5250	- 4,8035	1,6620	- 1,0300	16	,318
Par 5	Etapa 2 Af3 - Etapa 4 Af3	1,140 2	7,2222	1,8055	- 2,7082	4,9887	0,6315	15	,537
Par 6	Etapa 3 Af3 - Etapa 4 Af3	2,657 5	9,2409	2,3102	- 2,2667	7,5816	1,1503	15	,268
Par 7	Af4 Etapa 1 - Af4 Etapa 2	- 2,938 5	8,6965	2,1092	- 7,4098	1,5328	- 1,3932	16	,183
Par 8	Af4 Etapa 1 - Af4 Etapa 3	- 3,321 8	6,8851	1,6699	- 6,8618	0,2181	- 1,9893	16	,064
Par 9	Af4 Etapa 1 - Af4 Etapa 4	- 1,248 4	8,4856	2,1214	- 5,7701	3,2733	- 0,5885	15	,565
Par 10	Af4 Etapa 2 - Af4 Etapa 3	- 0,383 3	6,3352	1,5365	- 3,6406	2,8739	- 0,2495	16	,806
Par 11	Af4 Etapa 2 - Af4 Etapa 4	1,873 7	7,8571	1,9643	- 2,3130	6,0605	0,9539	15	,355
Par 12	Af4 Etapa 3 - Af4 Etapa 4	2,162 0	8,9049	2,2262	- 2,5831	6,9071	0,9711	15	,347

Fonte: a autora (2020).

Tabela 2 – teste T pareado para AF3 e AF4 na banda Alfa entre etapas (dados inconsistentes)

		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	Af3 etapa1 - Af3 etapa2	- 5,684 9	7,1682	1,3087	-8,3616	-3,0083	-4,344	29	,000
Par 2	Af3 etapa1 - Af3 etapa3	- 3,998 9	7,6941	1,4288	-6,9256	-1,0722	-2,799	28	,009
Par 3	Af3 etapa1 - Af3 etapa4	- 2,702 7	8,1072	1,5055	-5,7865	0,3811	-1,795	28	,083
Par 4	Af3 etapa2 - Af3 etapa3	1,462 2	7,0353	1,3064	-1,2138	4,1383	1,119	28	,273
Par 5	Af3 etapa2 - Af3 etapa4	2,758 4	6,4592	1,1995	0,3014	5,2154	2,300	28	,029
Par 6	Af3 etapa3 - Af3 etapa4	1,296 1	5,6424	1,0478	-0,8501	3,4424	1,237	28	,226
Par 7	Af4 etapa1 - Af4 etapa2	- 6,750 6	7,1156	1,2991	-9,4077	-4,0936	-5,196	29	,000
Par 8	Af4 etapa1 - Af4 etapa3	- 5,138 0	9,1811	1,7049	-8,6303	-1,6457	-3,014	28	,005
Par 9	Af4 etapa1 - Af4 etapa4	- 2,082 9	9,3060	1,7281	-5,6227	1,4569	-1,205	28	,238
Par 10	Af4 etapa2 - Af4 etapa3	1,385 0	7,2864	1,3530	-1,3866	4,1566	1,024	28	,315
Par 11	Af4 etapa2 - Af4 etapa4	4,440 1	8,2564	1,5332	1,2995	7,5807	2,896	28	,007
Par 12	Af4 etapa3 - Af4 etapa4	3,055 1	5,6806	1,0549	0,8943	5,2159	2,896	28	,007

Fonte: a autora (2020).

Tabela 3 – teste T pareado para F3 e F4 na banda Alfa entre etapas (dados consistentes)

		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	F3 etapa 1 - F3 etapa 2	-3,1954	4,9321	1,1962	-5,7313	-0,6596	-2,671	16	,017
Par 2	F3 etapa 1 - F3 etapa 3	-2,6261	4,8232	1,1698	-5,1059	-0,1462	-2,245	16	,039
Par 3	F3 etapa 1 - F3 etapa 4	-1,2475	5,5031	1,3758	-4,1799	1,6849	-,907	15	,379
Par 4	F3 etapa 2 - F3 etapa 3	0,5693	4,9755	1,2067	-1,9888	3,1275	,472	16	,643
Par 5	F3 etapa 2 - F3 etapa 4	2,1476	5,6426	1,4106	-0,8591	5,1543	1,522	15	,149
Par 6	F3 etapa 3 - F3 etapa 4	1,5963	6,4023	1,6006	-1,8153	5,0078	,997	15	,334
Par 7	F4 etapa 1 - F4 etapa 2	-4,1258	5,2866	1,2822	-6,8438	-1,4077	-3,218	16	,005
Par 8	F4 etapa 1 - F4 etapa 3	-3,8721	5,1530	1,2498	-6,5216	-1,2227	-3,098	16	,007
Par 9	F4 etapa 1 - F4 etapa 4	0,1101	5,8424	1,4606	-3,0031	3,2233	,075	15	,941
Par 10	F4 etapa 2 - F4 etapa 3	0,2536	4,9534	1,2014	-2,2932	2,8004	,211	16	,835
Par 11	F4 etapa 2 - F4 etapa 4	4,4937	6,2358	1,5589	1,1709	7,8165	2,883	15	,011
Par 12	F4 etapa 3 - F4 etapa 4	3,9258	5,2364	1,3091	1,1355	6,7161	2,999	15	,009

Fonte: a autora (2020).

Tabela 4 – teste T pareado para F3 e F4 na banda Alfa entre etapas (dados inconsistentes)

		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	F3 Etapa 1 - F3 Etapa 2	-3,7938	7,8518	1,4335	-6,7257	-0,8619	-2,646	29	,013
Par 2	F3 Etapa 1 - F3 Etapa 3	-2,4722	9,4877	1,7618	-6,0812	1,1367	-1,403	28	,172
Par 3	F3 Etapa 1 - F3 Etapa 4	-0,3664	9,5650	1,7762	-4,0047	3,2720	-,206	28	,838
Par 4	F3 Etapa 2 - F3 Etapa 3	1,3790	9,9271	1,8434	-2,3971	5,1550	,748	28	,461
Par 5	F3 Etapa 2 - F3 Etapa 4	3,4848	8,7909	1,6324	0,1410	6,8287	2,135	28	,042
Par 6	F3 Etapa 3 - F3 Etapa 4	2,1059	4,4318	0,8230	0,4201	3,7916	2,559	28	,016
Par 7	F4 etapa 1 - F4 etapa 2	-5,3299	7,2415	1,3221	-8,0339	-2,6259	-4,031	29	,000
Par 8	F4 etapa 1 - F4 etapa 3	-4,4589	8,1947	1,5217	-7,5760	-1,3418	-2,930	28	,007
Par 9	F4 etapa 1 - F4 etapa 4	-1,4279	8,1254	1,5088	-4,5187	1,6628	-,946	28	,352
Par 10	F4 etapa 2 - F4 etapa 3	0,7929	6,2765	1,1655	-1,5945	3,1803	,680	28	,502
Par 11	F4 etapa 2 - F4 etapa 4	3,8238	7,7618	1,4413	0,8714	6,7763	2,653	28	,013
Par 12	F4 etapa 3 - F4 etapa 4	3,0309	6,7587	1,2551	0,4601	5,6018	2,415	28	,023

Fonte: a autora (2020).

Tabela 5 – teste T pareado para F7 e F8 na banda Alfa entre etapas (dados consistentes)

		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	F7 etapa 1 - F7 etapa 2	- 3,7826	6,1593	1,4939	-6,9494	-0,6157	- 2,532	16	,022
Par 2	F7 etapa 1 - F7 etapa 3	- 2,8855	4,8983	1,1880	-5,4039	-0,3670	- 2,429	16	,027
Par 3	F7 etapa 1 - F7 etapa 4	- 2,1189	8,1525	2,0381	-6,4630	2,2253	- 1,040	15	,315
Par 4	F7 etapa 2 - F7 etapa 3	0,8971	4,6431	1,1261	-1,4901	3,2844	,797	16	,437
Par 5	F7 etapa 2 - F7 etapa 4	1,9001	6,3124	1,5781	-1,4635	5,2638	1,204	15	,247
Par 6	F7 etapa 3 - F7 etapa 4	1,0157	7,8889	1,9722	-3,1880	5,2194	,515	15	,614
Par 7	F8 etapa 1 - F8 etapa 2	- 8,3858	8,7949	2,1331	- 12,9078	-3,8639	- 3,931	16	,001
Par 8	F8 etapa 1 - F8 etapa 3	- 4,8452	9,7582	2,3667	-9,8624	0,1720	- 2,047	16	,057
Par 9	F8 etapa 1 - F8 etapa 4	- 4,2454	14,7504	3,6876	- 12,1053	3,6145	- 1,151	15	,268
Par 10	F8 etapa 2 - F8 etapa 3	3,5406	6,9226	1,6790	-0,0187	7,0999	2,109	16	,051
Par 11	F8 etapa 2 - F8 etapa 4	4,6646	9,8158	2,4539	-0,5659	9,8950	1,901	15	,077
Par 12	F8 etapa 3 - F8 etapa 4	1,0440	7,3557	1,8389	-2,8756	4,9635	,568	15	,579

Fonte: a autora (2020).

Tabela 6 – teste T pareado para F7 e F8 na banda Alfa entre etapas (dados inconsistentes)

		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	F7 etapa 1 - F7 etapa 2	- 7,3678	6,2311	1,1376	- 9,6945	-5,0411	-6,476	29	,000
Par 2	F7 etapa 1 - F7 etapa 3	- 5,8933	7,6302	1,4169	- 8,7957	-2,9910	-4,159	28	,000
Par 3	F7 etapa 1 - F7 etapa 4	- 5,5171	9,5233	1,7684	- 9,1396	-1,8947	-3,120	28	,004
Par 4	F7 etapa 2 - F7 etapa 3	- 1,6409	5,2285	0,9709	- 0,3479	3,6297	1,690	28	,102
Par 5	F7 etapa 2 - F7 etapa 4	- 2,0171	8,1115	1,5063	- 1,0683	5,1026	1,339	28	,191
Par 6	F7 etapa 3 - F7 etapa 4	- 0,3762	7,8884	1,4648	- 2,6243	3,3768	,257	28	,799
Par 7	F8 etapa 1 - F8 etapa 2	- 6,2346	8,6941	1,5873	- 9,4810	-2,9881	-3,928	29	,000
Par 8	F8 etapa 1 - F8 etapa 3	- 5,5711	9,2867	1,7245	- 9,1036	-2,0386	-3,231	28	,003
Par 9	F8 etapa 1 - F8 etapa 4	- 3,7111	9,2198	1,7121	- 7,2181	-0,2040	-2,168	28	,039
Par 10	F8 etapa 2 - F8 etapa 3	- 1,0297	7,5932	1,4100	- 1,8586	3,9180	,730	28	,471
Par 11	F8 etapa 2 - F8 etapa 4	- 2,8898	9,0784	1,6858	- 0,5634	6,3430	1,714	28	,098
Par 12	F8 etapa 3 - F8 etapa 4	- 1,8600	5,8298	1,0826	- 0,3575	4,0776	1,718	28	,097

Fonte: a autora (2020).

Tabela 7 – teste T pareado para FC5 e FC6 na banda Alfa entre etapas (dados consistentes)

		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	FC5 etapa 1 - FC5 etapa 2	- 5,3295	6,0616	1,4701	- 8,4461	-2,2129	-3,625	16	,002
Par 2	FC5 etapa 1 - FC5 etapa 3	- 3,2530	5,1059	1,2384	- 5,8782	-0,6278	-2,627	16	,018
Par 3	FC5 etapa 1 - FC5 etapa 4	- 1,1561	9,0557	2,2639	- 5,9815	3,6694	-,511	15	,617
Par 4	FC5 etapa 2 - FC5 etapa 3	2,0765	3,7935	0,9201	0,1260	4,0269	2,257	16	,038
Par 5	FC5 etapa 2 - FC5 etapa 4	4,5065	6,3324	1,5831	1,1322	7,8808	2,847	15	,012
Par 6	FC5 etapa 3 - FC5 etapa 4	2,5638	6,8079	1,7020	- 1,0639	6,1914	1,506	15	,153
Par 7	FC6 etapa 1 - FC6 etapa 2	- 4,2378	6,1153	1,4832	- 7,3820	-1,0936	-2,857	16	,011
Par 8	FC6 etapa 1 - FC6 etapa 3	- 3,2511	5,2656	1,2771	- 5,9584	-0,5438	-2,546	16	,022
Par 9	FC6 etapa 1 - FC6 etapa 4	- 1,2984	9,0813	2,2703	- 6,1374	3,5407	-,572	15	,576
Par 10	FC6 etapa 2 - FC6 etapa 3	0,9867	5,6523	1,3709	- 1,9194	3,8929	,720	16	,482
Par 11	FC6 etapa 2 - FC6 etapa 4	3,2043	8,9303	2,2326	- 1,5543	7,9629	1,435	15	,172
Par 12	FC6 etapa 3 - FC6 etapa 4	2,1882	8,7541	2,1885	- 2,4765	6,8529	1,000	15	,333

Fonte: a autora (2020)

Tabela 8 – teste T pareado para FC5 e FC6 na banda Alfa entre etapas (dados inconsistentes)

		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	FC5 etapa 1 - FC5 etapa 2	- 5,2683	5,3145	0,9703	-7,2528	-3,2839	- 5,430	29	,000
Par 2	FC5 etapa 1 - FC5 etapa 3	- 3,3251	4,5349	0,8421	-5,0501	-1,6001	- 3,949	28	,000
Par 3	FC5 etapa 1 - FC5 etapa 4	- 1,2898	5,1666	0,9594	-3,2551	0,6754	- 1,344	28	,190
Par 4	FC5 etapa 2 - FC5 etapa 3	1,4405	5,2127	0,9680	-0,5423	3,4233	1,488	28	,148
Par 5	FC5 etapa 2 - FC5 etapa 4	3,4758	5,4074	1,0041	1,4190	5,5327	3,462	28	,002
Par 6	FC5 etapa 3 - FC5 etapa 4	2,0353	5,0857	0,9444	0,1008	3,9698	2,155	28	,040
Par 7	FC6 etapa 1 - FC6 etapa 2	- 5,2599	5,5645	1,0159	-7,3377	-3,1821	- 5,177	29	,000
Par 8	FC6 etapa 1 - FC6 etapa 3	- 5,0666	7,8499	1,4577	-8,0526	-2,0806	- 3,476	28	,002
Par 9	FC6 etapa 1 - FC6 etapa 4	- 2,5000	6,6695	1,2385	-5,0370	0,0369	- 2,019	28	,053
Par 10	FC6 etapa 2 - FC6 etapa 3	0,5456	6,8281	1,2679	-2,0517	3,1428	,430	28	,670
Par 11	FC6 etapa 2 - FC6 etapa 4	3,1121	5,3844	0,9999	1,0640	5,1602	3,113	28	,004
Par 12	FC6 etapa 3 - FC6 etapa 4	2,5666	6,4313	1,1943	0,1202	5,0129	2,149	28	,040

Fonte: da autora (2020).

Tabela 9 – teste T pareado para AF3 e AF4 na banda Teta entre etapas (dados consistentes)

		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	AF3 etapa 1 - AF3 etapa 2	-1,4580	6,1831	1,4996	-4,6370	1,7210	-,972	16	,345
Par 2	AF3 etapa 1 - AF3 etapa 3	-2,7116	8,2978	2,0125	-6,9779	1,5548	- 1,347	16	,197
Par 3	AF3 etapa 1 - AF3 etapa 4	-0,4436	6,9288	1,7322	-4,1357	3,2485	-,256	15	,801
Par 4	AF3 etapa 2 - AF3 etapa 3	-1,2536	7,3157	1,7743	-5,0150	2,5078	-,707	16	,490
Par 5	AF3 etapa 2 - AF3 etapa 4	1,1055	7,6963	1,9241	-2,9956	5,2066	,575	15	,574
Par 6	AF3 etapa 3 - AF3 etapa 4	2,3110	9,8427	2,4607	-2,9338	7,5558	,939	15	,363
Par 8	Af4 etapa 1 - Af4 etapa 3	-2,8195	7,3449	1,7814	-6,5959	0,9569	- 1,583	16	,133
Par 9	Af4 etapa 1 - Af4 etapa 4	-1,1920	8,3800	2,0950	-5,6574	3,2733	-,569	15	,578
Par 10	Af4 etapa 2 - Af4 etapa 3	-2,8195	7,3449	1,7814	-6,5959	0,9569	- 1,583	16	,133
Par 11	Af4 etapa 2 - Af4 etapa 4	-1,1920	8,3800	2,0950	-5,6574	3,2733	-,569	15	,578
Par 12	Af4 etapa 3 - Af4 etapa 4	1,7306	9,0804	2,2701	-3,1080	6,5692	,762	15	,458

Fonte: a autora (2020).

Tabela 10 – teste T pareado para AF3 e AF4 na banda Teta entre etapas (dados inconsistentes)

		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	Af3 etapa1 - Af3 etapa2	-5,685	7,168	1,309	-8,362	-3,008	-4,344	29	,000
Par 2	Af3 etapa1 - Af3 etapa3	-3,999	7,694	1,429	-6,926	-1,072	-2,799	28	,009
Par 3	Af3 etapa1 - Af3 etapa4	-2,703	8,107	1,505	-5,787	0,381	-1,795	28	,083
Par 4	Af3 etapa2 - Af3 etapa3	1,462	7,035	1,306	-1,214	4,138	1,119	28	,273
Par 5	Af3 etapa2 - Af3 etapa4	2,758	6,459	1,199	0,301	5,215	2,300	28	,029
Par 6	Af3 etapa3 - Af3 etapa4	1,296	5,642	1,048	-0,850	3,442	1,237	28	,226
Par 7	Af4 etapa1 - Af4 etapa2	-6,751	7,116	1,299	-9,408	-4,094	-5,196	29	,000
Par 8	Af4 etapa1 - Af4 etapa3	-5,138	9,181	1,705	-8,630	-1,646	-3,014	28	,005
Par 9	Af4 etapa1 - Af4 etapa4	-2,083	9,306	1,728	-5,623	1,457	-1,205	28	,238
Par 10	Af4 etapa2 - Af4 etapa3	1,385	7,286	1,353	-1,387	4,157	1,024	28	,315
Par 11	Af4 etapa2 - Af4 etapa4	4,440	8,256	1,533	1,300	7,581	2,896	28	,007
Par 12	Af4 etapa3 - Af4 etapa4	3,055	5,681	1,055	0,894	5,216	2,896	28	,007

Fonte: a autora (2020).

Tabela 11 – teste T pareado para F3 e F4 na banda Teta entre etapas (dados consistentes)

		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	F3 etapa 1 - F3 etapa 2	-3,0742	4,9307	1,1959	-5,6093	-0,5390	- 2,571	16	,021
Par 2	F3 etapa 1 - F3 etapa 3	-2,1579	5,0035	1,2135	-4,7304	0,4147	- 1,778	16	,094
Par 3	F3 etapa 1 - F3 etapa 4	-0,6469	5,8820	1,4705	-3,7813	2,4874	- ,440	15	,666
Par 4	F3 etapa 2 - F3 etapa 3	0,9163	4,8964	1,1875	-1,6012	3,4338	, 772	16	,452
Par 5	F3 etapa 2 - F3 etapa 4	2,6194	5,6163	1,4041	-0,3734	5,6121	1, 866	15	,082
Par 6	F3 etapa 3 - F3 etapa 4	1,6733	6,7072	1,6768	-1,9007	5,2473	, 998	15	,334
Par 7	F4 etapa 1 - F4 etapa 2	-4,5002	5,5880	1,3553	-7,3733	-1,6271	- 3,320	16	,004
Par 8	F4 etapa 1 - F4 etapa 3	-3,7215	5,2638	1,2767	-6,4279	-1,0151	- 2,915	16	,010
Par 9	F4 etapa 1 - F4 etapa 4	0,2502	5,5785	1,3946	-2,7224	3,2227	, 179	15	,860
Par 10	F4 etapa 2 - F4 etapa 3	0,7787	5,0494	1,2247	-1,8175	3,3749	, 636	16	,534
Par 11	F4 etapa 2 - F4 etapa 4	5,0316	7,2435	1,8109	1,1718	8,8914	2, 779	15	,014
Par 12	F4 etapa 3 - F4 etapa 4	3,9148	5,8898	1,4725	0,7764	7,0533	2, 659	15	,018

Fonte: a autora (2020).

Tabela 12 – teste T pareado para F3 e F4 na banda Teta entre etapas (dados inconsistentes)

		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	F3 etapa 1 - F3 etapa 2	-2,7963	7,4896	1,3674	-5,5929	0,0004	- 2,045	29	,050
Par 2	F3 etapa 1 - F3 etapa 3	-1,9154	9,5786	1,7787	-5,5589	1,7281	- 1,077	28	,291
Par 3	F3 etapa 1 - F3 etapa 4	-0,5265	9,1915	1,7068	-4,0227	2,9698	-,308	28	,760
Par 4	F3 etapa 2 - F3 etapa 3	1,0032	9,5569	1,7747	-2,6321	4,6384	,565	28	,576
Par 5	F3 etapa 2 - F3 etapa 4	2,3921	8,3990	1,5597	-0,8027	5,5869	1,534	28	,136
Par 6	F3 etapa 3 - F3 etapa 4	1,3889	3,9617	0,7357	-0,1180	2,8959	1,888	28	,069
Par 7	F4 etapa 1 - F4 etapa 2	-4,9489	6,8269	1,2464	-7,4981	-2,3997	- 3,971	29	,000
Par 8	F4 etapa 1 - F4 etapa 3	-4,2531	8,3949	1,5589	-7,4464	-1,0598	- 2,728	28	,011
Par 9	F4 etapa 1 - F4 etapa 4	-1,5083	7,5388	1,3999	-4,3759	1,3593	- 1,077	28	,290
Par 10	F4 etapa 2 - F4 etapa 3	0,6402	6,0529	1,1240	-1,6622	2,9426	,570	28	,573
Par 11	F4 etapa 2 - F4 etapa 4	3,3850	6,8896	1,2794	0,7644	6,0057	2,646	28	,013
Par 12	F4 etapa 3 - F4 etapa 4	2,7448	6,6084	1,2272	0,2311	5,2585	2,237	28	,033

Fonte: da autora (2020).

Tabela 13 – teste T pareado para F7 e F8 na banda Teta entre etapas (dados consistentes)

		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	F7 etapa 1 - F7 etapa 2	-3,7826	6,1593	1,4939	-6,9494	-0,6157	-2,532	16	,022
Par 2	F7 etapa 1 - F7 etapa 3	-2,8855	4,8983	1,1880	-5,4039	-0,3670	-2,429	16	,027
Par 3	F7 etapa 1 - F7 etapa 4	-2,1189	8,1525	2,0381	-6,4630	2,2253	1,040	15	,315
Par 4	F7 etapa 2 - F7 etapa 3	0,8971	4,6431	1,1261	-1,4901	3,2844	,797	16	,437
Par 5	F7 etapa 2 - F7 etapa 4	1,9001	6,3124	1,5781	-1,4635	5,2638	1,204	15	,247
Par 6	F7 etapa 3 - F7 etapa 4	1,0157	7,8889	1,9722	-3,1880	5,2194	,515	15	,614
Par 7	F8 etapa 1 - F8 etapa 2	-8,3858	8,7949	2,1331	-12,9078	-3,8639	-3,931	16	,001
Par 8	F8 etapa 1 - F8 etapa 3	-4,8452	9,7582	2,3667	-9,8624	0,1720	-2,047	16	,057
Par 9	F8 etapa 1 - F8 etapa 4	-4,2454	14,7504	3,6876	-12,1053	3,6145	1,151	15	,268
Par 10	F8 etapa 2 - F8 etapa 3	3,5406	6,9226	1,6790	-0,0187	7,0999	2,109	16	,051
Par 11	F8 etapa 2 - F8 etapa 4	4,6646	9,8158	2,4539	-0,5659	9,8950	1,901	15	,077
Par 12	F8 etapa 3 - F8 etapa 4	1,0440	7,3557	1,8389	-2,8756	4,9635	,568	15	,579

Fonte: a autora (2020)

Tabela 14 – teste T pareado para F7 e F8 na banda Teta entre etapas (dados inconsistentes)

		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	F7 etapa 1 - F7 etapa 2	-7,3678	6,2311	1,1376	-9,6945	-5,0411	-6,476	29	,000
Par 2	F7 etapa 1 - F7 etapa 3	-5,8933	7,6302	1,4169	-8,7957	-2,9910	-4,159	28	,000
Par 3	F7 etapa 1 - F7 etapa 4	-5,5171	9,5233	1,7684	-9,1396	-1,8947	-3,120	28	,004
Par 4	F7 etapa 2 - F7 etapa 3	1,6409	5,2285	0,9709	-0,3479	3,6297	1,690	28	,102
Par 5	F7 etapa 2 - F7 etapa 4	2,0171	8,1115	1,5063	-1,0683	5,1026	1,339	28	,191
Par 6	F7 etapa 3 - F7 etapa 4	0,3762	7,8884	1,4648	-2,6243	3,3768	,257	28	,799
Par 7	F8 etapa 1 - F8 etapa 2	-6,2346	8,6941	1,5873	-9,4810	-2,9881	-3,928	29	,000
Par 8	F8 etapa 1 - F8 etapa 3	-5,5711	9,2867	1,7245	-9,1036	-2,0386	-3,231	28	,003
Par 9	F8 etapa 1 - F8 etapa 4	-3,7111	9,2198	1,7121	-7,2181	-0,2040	-2,168	28	,039
Par 10	F8 etapa 2 - F8 etapa 3	1,0297	7,5932	1,4100	-1,8586	3,9180	,730	28	,471
Par 11	F8 etapa 2 - F8 etapa 4	2,8898	9,0784	1,6858	-0,5634	6,3430	1,714	28	,098
Par 12	F8 etapa 3 - F8 etapa 4	1,8600	5,8298	1,0826	-0,3575	4,0776	1,718	28	,097

Fonte: a autora (2020).

Tabela 15 – teste T pareado para FC5 e FC6 na banda Teta entre etapas (dados consistentes)

		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	FC5 etapa 1 - FC5 etapa 2	-5,3693	6,3739	1,5459	-8,6464	-2,0922	-3,473	16	,003
Par 2	FC5 etapa 1 - FC5 etapa 3	-2,9288	4,7736	1,1578	-5,3832	-0,4744	-2,530	16	,022
Par 3	FC5 etapa 1 - FC5 etapa 4	-1,2667	9,3717	2,3429	-6,2605	3,7272	-,541	15	,597
Par 4	FC5 etapa 2 - FC5 etapa 3	2,4405	4,1588	1,0087	0,3022	4,5788	2,420	16	,028
Par 5	FC5 etapa 2 - FC5 etapa 4	4,4382	6,3004	1,5751	1,0810	7,7955	2,818	15	,013
Par 6	FC5 etapa 3 - FC5 etapa 4	2,0845	6,7858	1,6965	-1,5314	5,7005	1,229	15	,238
Par 7	FC6 etapa 1 - FC6 etapa 2	-4,6582	6,6075	1,6025	-8,0554	-1,2609	-2,907	16	,010
Par 8	FC6 etapa 1 - FC6 etapa 3	-3,2093	5,1117	1,2398	-5,8375	-0,5811	-2,589	16	,020
Par 9	FC6 etapa 1 - FC6 etapa 4	-1,5091	8,8955	2,2239	-6,2491	3,2310	-,679	15	,508
Par 10	FC6 etapa 2 - FC6 etapa 3	1,4489	5,7319	1,3902	-1,4982	4,3959	1,042	16	,313
Par 11	FC6 etapa 2 - FC6 etapa 4	3,4402	9,3022	2,3255	-1,5166	8,3970	1,479	15	,160
Par 12	FC6 etapa 3 - FC6 etapa 4	1,8328	8,7073	2,1768	-2,8070	6,4727	,842	15	,413

Fonte: da autora (2020).

Tabela 16 – teste T pareado para FC5 e FC6 na banda Teta entre etapas (dados inconsistentes)

		Diferenças emparelhadas					t	df	Sig. (2 extremidades)
		Média	Desvio padrão	Erro padrão da média	95% Intervalo de confiança da diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	FC5 etapa 1 - FC5 etapa 2	-4,4817	4,5668	0,8338	-6,1869	-2,7764	-5,375	29	,000
Par 2	FC5 etapa 1 - FC5 etapa 3	-3,1368	4,7426	0,8807	-4,9407	-1,3328	-3,562	28	,001
Par 3	FC5 etapa 1 - FC5 etapa 4	-1,6434	4,9233	0,9142	-3,5162	0,2293	-1,798	28	,083
Par 4	FC5 etapa 2 - FC5 etapa 3	0,9446	4,9909	0,9268	-0,9539	2,8430	1,019	28	,317
Par 5	FC5 etapa 2 - FC5 etapa 4	2,4379	5,3185	0,9876	0,4148	4,4609	2,468	28	,020
Par 6	FC5 etapa 3 - FC5 etapa 4	1,4933	4,9636	0,9217	-0,3947	3,3814	1,620	28	,116
Par 7	FC6 etapa 1 - FC6 etapa 2	-4,8130	6,0287	1,1007	-7,0641	-2,5618	-4,373	29	,000
Par 8	FC6 etapa 1 - FC6 etapa 3	-5,3190	7,5643	1,4047	-8,1963	-2,4417	-3,787	28	,001
Par 9	FC6 etapa 1 - FC6 etapa 4	-3,0869	6,9726	1,2948	-5,7391	-0,4346	-2,384	28	,024
Par 10	FC6 etapa 2 - FC6 etapa 3	-0,0791	6,4313	1,1943	-2,5254	2,3673	-,066	28	,948
Par 11	FC6 etapa 2 - FC6 etapa 4	2,1531	5,4143	1,0054	0,0936	4,2125	2,141	28	,041
Par 12	FC6 etapa 3 - FC6 etapa 4	2,2321	6,3978	1,1880	-0,2015	4,6657	1,879	28	,071

Fonte: a autora (2020).