

**Universidade Federal de Pernambuco  
Centro de Ciências Sociais Aplicadas  
Departamento de Ciências Administrativas  
Programa de Pós-Graduação em Administração – PROPAD**

**Lenylda Maria de Souza Albuquerque**

**Uma Análise Cognitiva das Influências das  
Diretrizes de *Layout* em Modelos de Processos em  
Relação à Compreensão**

**Recife, 2023**

Universidade Federal de Pernambuco  
Centro de Ciências Sociais Aplicadas  
Departamento de Ciências Administrativas  
Programa de Pós-Graduação em Administração - PROPAD

Lenylda Maria de Souza Albuquerque

**Uma Análise Cognitiva das Influências das  
Diretrizes de *Layout* em Modelos de Processos em  
Relação à Compreensão**

Orientador: Denis Silva da Silveira, Dr.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Administração.

Recife, 2023

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Albuquerque, Lenylda Maria de Souza.

Uma análise cognitiva das influências das diretrizes de layout em modelos de processos em relação à compreensão / Lenylda Maria de Souza Albuquerque. - Recife, 2023.

153f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Programa de Pós-Graduação em Administração.

Orientação: Denis Silva da Silveira.

Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Modelos de Processos de Negócio; 2. BPMN; 3. Diretrizes de Layout; 4. Compreensão; 5. Dispositivos biométricos; 6. Eficácia Cognitiva. I. Silveira, Denis Silva da. II. Título.

UFPE-Biblioteca Central

LENYLDA MARIA DE SOUZA ALBUQUERQUE

**UMA ANÁLISE COGNITIVA DAS INFLUÊNCIAS DAS  
DIRETRIZES DE *LAYOUT* EM MODELOS DE PROCESSOS  
EM RELAÇÃO À COMPREENSÃO**

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

Aprovado em: 18/07/2023.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Denis Silva da Silveira (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Simone Bacellar Leal Ferreira (Examinador Externo)  
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UNIRIO

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Taciana de Barros Gerônimo (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

*À minha companheira, Nara vieira, aos meu país (in memoriam), em especial a minha mãe, que faleceu durante o período de finalização desta dissertação, e a toda a minha família.*

## Agradecimentos

Ao criador do universo, Deus Pai todo poderoso, por ter me concedido a graça de entrar na academia e a força necessária para chegar até aqui.

À minha companheira e amiga, Nara Vieira, por sempre me apoiar em todos os momentos da minha vida e, sobretudo, ao longo do mestrado, acreditando e me motivando a ser cada vez mais dedicada e compromissada com os meus ideais.

À toda minha família que abdicou da minha presença em alguns momentos importantes, por entender a importância do meu sonho em ser mestre.

Aos meus amigos e amigas, especialmente Nadja Cunha pelo apoio e serenidade transmitidos nos momentos que eu mais precisava, e Ângela Bezerra por me fortalecer emocionalmente durante todo o percurso do mestrado, cuidando da minha saúde com muita dedicação e competência, transformando essa jornada menos pesada e trazendo leveza e paz ao meu coração. À Kássia Roberta e ao Vinícius Brito, pelos momentos vividos e pelos incentivos, sobretudo, no início desta jornada.

Ao meu grupo de estudo “*Futuros Mestres*”, meus queridos Tiago Ribeiro e Augusto Souza, que sempre estiveram e continuam comigo, quer seja nas produções acadêmicas, quer seja nas nossas longas conversas diárias, emanando energias positivas uns aos outros e, às vezes, até chorando ou sorrindo dos problemas que vivenciamos, mas sempre ajudando a superar os obstáculos inerentes à academia, fortalecendo nossos vínculos de amizade que serão para toda a vida.

Ao grupo de estudo “*Technology for Process*”, gostaria de expressar minha gratidão pela parceria no desenvolvimento dos estudos científicos, por proporcionarem nosso crescimento acadêmico e pessoal, pela amizade da Nicir Chaves, pelo carinho da Tatiane Andrade. E não posso deixar de mencionar a parceria e o companheirismo da Izabel Teófilo nos momentos mais difíceis, as contribuições inesquecíveis de Evelyne Duarte, do Diógenes Matias e do Rafael Duarte no decorrer deste trabalho. Meus sinceros agradecimentos a todos.

Aos professores que compartilharam conhecimento e sabedoria comigo, em especial Taciana Gerônimo, Jairo Dornelas e Diogo Helal, contribuindo fortemente na minha formação.

Ao professor e amigo Jorge Correia, dedico um agradecimento muito especial pela sensibilidade de reconhecer um potencial que estava adormecido em mim, por ter acreditado e confiado no quanto eu poderia agregar e contribuir com a academia, e o quanto eu me realizaria neste enorme desafio.

Ao meu orientador Prof. Dr. Denis Silva da Silveira que todo agradecimento do mundo seria insuficiente para expressar o quanto foi importante na minha vida e será sempre, pela dedicação, persistência, tolerância, paciência, por nunca ter desistido de mim, por não ter soltado a minha mão no momento que mais precisei (falecimento da minha mãe), por ter sido mais que professor, ter sido um amigo.

À UFPE, corpo docente pelos preciosos ensinamentos e corpo administrativo do PROPAD, por todo apoio durante a jornada de mestrado.

À agência de fomento científico CAPES, pelo suporte financeiro, apoio fundamental para proporcionar tranquilidade na realização do mestrado.

À FAFIRE, na pessoa de Patrícia Mergulhão, e à Liferay Latan, na pessoa de Evelyne Duarte, por terem possibilitado a realização do experimento nessas instituições, possibilitando a coleta de dados para realização desta pesquisa. Assim como, todos os estudantes e profissionais que se dispuseram a participar, voluntariamente, deste estudo.

Por fim, agradeço os que, em algum momento, estiveram comigo nessa desafiadora, porém fantástica trajetória acadêmica.

*“Benditos os que chegam em nossa vida em silêncio, com passos leves  
para não acordar nossas dores, não despertar nossos fantasmas,  
não ressuscitar nossos medos.  
Benditos sejam os que se dirigem a nós com leveza, com gentileza,  
falando o idioma da paz para não assustar nossa alma.  
Benditos sejam os que tocam nosso coração com carinho,  
nos olham com respeito e nos aceitam inteiros  
com todos os erros e imperfeições.  
Benditos sejam os que podendo ser qualquer coisa em nossa vida,  
escolhem ser doação.  
Benditos sejam esses serem iluminados que nos chegam como anjo,  
como flor ou passarinho,  
que dão asas aos nossos sonhos  
e tendo a liberdade de ir,  
escolhem ficar e ser ninho.  
Benditos sejam os Amigos...”*

Autor desconhecido.

## Resumo

A modelagem de processos de negócio é uma prática amplamente adotada pelas organizações com o objetivo de impulsionar melhorias nas estratégias de negócio e obter vantagens competitivas no mercado, além de elicitar requisitos de sistemas de informações. Nesse sentido, os modelos de processos, resultados da modelagem de processos, desempenham um papel crucial ao facilitar a documentação e a comunicação entre os *stakeholders*, sendo essencial que sejam projetados com o intuito de promover a sua compreensão. No entanto, diversos fatores influenciam a compreensão dos modelos de processos, como a complexidade do modelo, a experiência do modelador, as características da notação de modelagem e o impacto dos *layouts* gráficos. Neste contexto, esta pesquisa tem como objetivo analisar as influências das diretrizes de *layout* nos modelos de processos em BPMN, considerando a compreensibilidade sob a ótica cognitiva. Para alcançar esse objetivo, um *quasi*-experimento foi conduzido, contando com a participação de 42 participantes divididos em dois grupos de 21 participantes cada. Os grupos realizaram tarefas de compreensão em modelos com diretrizes de *layout* e modelos sem diretrizes de *layout*, utilizando dois tipos de dispositivos biométricos: um de rastreamento ocular e outro de eletroencefalograma não invasivo. Os resultados obtidos revelaram evidências estatisticamente significativas de que os participantes que interagiram com os modelos de processos contendo diretrizes de *layout* obtiveram melhores desempenhos em termos de exatidão, velocidade e facilidade de compreensão. Esses resultados indicam que a adoção de diretrizes de *layout* nos modelos BPMN pode beneficiar a prática da modelagem de processos, facilitando tanto a compreensão como a comunicação entre os diversos *stakeholders* envolvidos. Por fim, este estudo busca contribuir para a influência prática da modelagem de processos, promovendo a adoção efetiva das diretrizes de *layout* nos modelos BPMN. Isso possibilitará uma maior facilidade na compreensão e comunicação entre os *stakeholders* envolvidos, melhorando a eficiência e eficácia das atividades relacionadas à modelagem de processos de negócio.

**Palavras-chave:** Modelos de Processos de Negócio, BPMN, Diretrizes de *Layout*, Compreensão, Dispositivos Biométricos, Eficácia Cognitiva.

## Abstract

Business process modeling is a widely adopted practice by organizations aiming to drive improvements in business strategies and gain competitive advantages in the market, as well as to elicit information system requirements. In this regard, process models, the results of process modeling, play a crucial role in facilitating documentation and communication among stakeholders, needing their design to promote understanding. However, several factors influence the comprehension of process models, such as model complexity, the experience of the modeler, characteristics of the modeling notation, and the impact of graphical layouts. Within this context, this research aims at analyzing the influences of layout guidelines on BPMN process models, considering comprehensibility from a cognitive perspective. To achieve this objective, a *quasi*-experiment was conducted, involving 42 participants divided into two groups of 21 individuals each. The groups performed comprehension tasks using models with layout guidelines and models without layout guidelines, using two types of biometric devices: eye-tracking and non-invasive electroencephalogram. The obtained results revealed statistically significant evidence that participants who interacted with process models containing layout guidelines achieved better performance in terms of accuracy, speed, and ease of understanding. These findings indicate that the adoption of layout guidelines in BPMN models can benefit the practice of process modeling by facilitating comprehension and communication among the various stakeholders involved. Ultimately, this study seeks to contribute to the practical influence of process modeling by promoting the effective adoption of layout guidelines in BPMN models. This may enable greater ease in comprehension and communication among the involved stakeholders, thereby enhancing the efficiency and effectiveness of business process modeling activities.

**Keywords:** Business Process Models, BPMN, *Layout* Guidelines, Comprehension, Biometric Devices, Cognitive Effectiveness.

## Lista de Figuras

Figura 1. Elementos básicos do BPMN.....	32
Figura 2. Dispositivo intrusivo <i>EyeLink II</i> . ....	42
Figura 3. Dispositivo não intrusivo. ....	42
Figura 4. Exemplo de um movimento ocular. ....	44
Figura 5. Ondas cerebrais e suas frequências. ....	45
Figura 6. Desenho da Pesquisa. ....	55
Figura 7. Fase de Planejamento do Quasi-experimento. ....	58
Figura 8. Modelo de Processo de Negócio com Diretrizes de Layout. ....	65
Figura 9. Modelo de Processo de Negócio sem Diretrizes de Layout.....	66
Figura 10. <i>Eye Tribe Tracker</i> , Dispositivo não Intrusivo.....	68
Figura 11. <i>Eye Tribe Tracker</i> , uso do dispositivo não intrusivo. ....	68
Figura 12. Neurosky mindwave. ....	69
Figura 13. Uso do Eye-Tracking e do Neurosky MindWave durante a realização do Quasi-Experimento. ....	69
Figura 14. Operação do Quasi-experimento.....	74
Figura 15. Ambientes do Quasi-experimento.....	75
Figura 16. Modelo de Processo Mapeado por AOIs. ....	90
Figura 17. Conexão do Cabo USB 3.0 ao Rastreador. ....	138
Figura 18. Posicionamento do rastreador à frente do monitor. ....	139
Figura 19. Ícones do rastreador ocular. ....	139
Figura 20. Posicionamento do Participante para permitir o rastreamento ocular.....	140
Figura 21. Modo demonstração.....	140
Figura 22. Tela de Avaliação de Calibração.....	141
Figura 23. Captura de tela da interface do usuário do EyeTribe UI.....	142
Figura 24. Estados do rastreamento ocular.....	143

Figura 25. Neurosky na sua caixa.....	144
Figura 26. Interruptor para ligar/desligar o Neurosky MindWave.....	145
Figura 27. Pareamento do Neurosky MindWave com o sistema operacional Windows. ....	146
Figura 28. Conectando Neurosky via MindWave Mobile Tutorial.....	147
Figura 29. Representação da Curva de Simetria.....	149
Figura 30. Representação de Distribuição da Curtose.....	151

## **Lista de Quadros**

Quadro 1. Elementos mais utilizados em BPMN.....	33
Quadro 2. Diretrizes referentes as Sete Boas Práticas de Modelagem de Processos - 7PMG. 36	36
Quadro 3. Diretrizes referentes ao Tamanho do Modelo de Processo. ....	36
Quadro 4, Diretrizes referentes a Topologia do Modelo de Processo. ....	38
Quadro 5. Diretrizes referentes ao Layout dos Modelos de Processo. ....	39
Quadro 6. Diretrizes referentes aos Rótulos dos Modelos de Processo. ....	41
Quadro 7. Ondas cerebrais e suas frequências. ....	45
Quadro 8. Relação de Facilidade usando Tabela Tipo Likert para a Hipótese H1-Facilidade. 61	61

## Lista de Gráficos

Gráfico 1. Experiência com Modelagem de Processos de Negócio.....	78
Gráfico 2. Tempo de atuação em Modelagem de Processos de Negócio como profissional... 78	
Gráfico 3. Quantidade de Cursos/Disciplinas realizados em Modelagem de Processos de Negócio.....	79
Gráfico 4. Quantidade de modelos de processos criados ou editados nos últimos 12 meses... 79	
Gráfico 5. Familiaridade com modelagem de processos.....	80
Gráfico 6. Familiaridade com o BPMN. ....	81
Gráfico 7. Confiança no uso do BPMN.....	81
Gráfico 8. Competência no uso do BPMN.....	82
Gráfico 9. Tempo de uso da notação BPMN.....	82
Gráfico 10. Tempo de uso de BPMN pelos Acadêmicos.....	83
Gráfico 11. Tempo de uso da notação BPMN pelos Profissionais por Ano. ....	83
Gráfico 12. Tempo de uso da notação BPMN – Quantitativo de Profissionais por Ano. ....	83
Gráfico 13 - Avaliação da complexidade do modelo usado no experimento.....	85
Gráfico 14 - Nível de dificuldade que o participante teve para identificar as possibilidades que o modelo apresentou para a avaliação do imóvel. ....	85
Gráfico 15 - Você concorda que foi possível identificar facilmente as tomadas de decisão ocorridas no processo?.....	86
Gráfico 16 - Você concorda que a organização desse processo dificultou a sua compreensão? .....	87
Gráfico 17 - Você concorda que quanto maior o número de elementos apresentados no processo, mais difícil se torna a compreensão?.....	87
Gráfico 18 - Você concorda que a variedade de tipos de artefatos no processo pode dificultar a compreensão? .....	88
Gráfico 19 - <i>Você concorda que o modelo colorido influenciou a sua compreensão durante o experimento?</i> .....	89

Gráfico 20 - *Você concorda que o modelo com ausência de cor influenciou a sua compreensão durante o experimento?* ..... 89

## Lista de Tabelas

Tabela 1. Resultados do Teste de Shapiro Wilk.....	92
Tabela 2. Resultados do Teste de Mann Withney. ....	93
Tabela 3. Sumarização dos Resultados do teste de Mann Whitney. ....	94
Tabela 4. Avaliação da Exatidão – fixIrrel.....	95
Tabela 5. Avaliação da Exatidão – avgGamma.....	96
Tabela 6. Avaliação da Velocidade – Duration (ms).....	96
Tabela 7. Avaliação da Facilidade – avgDurfixIrrel. ....	97
Tabela 8. Questões Estatisticamente Significativas versus Diretrizes de Layout. ....	99
Tabela 9. Nível de Qualidade de Calibração. ....	142
Tabela 10. Mensagens de erro do EyeTribe. ....	143

## Lista de Siglas

<b>BPM</b>	<i>Business Process Management</i>
<b>BPMN</b>	<i>Business Process Model and Notation</i>
<b>CD</b>	Modelo com Diretrizes
<b>SD</b>	Modelo sem Diretrizes
<b>AOI</b>	<i>Areas of Interest</i>
<b>BPD</b>	<i>Business Process Diagram</i>
<b>CTM</b>	Carga de Trabalho Mental
<b>EEG</b>	<i>Eletroencefalograma</i>
<b>OMG</b>	<i>Object Management Group</i>
<b>TI</b>	Tecnologia da Informação
<b>BPMI</b>	<i>Business Process Management Initiative</i>
<b>7PMG</b>	<i>Seven Process Modeling Guidelines</i>

## Sumário

1	INTRODUÇÃO .....	22
1.1	CONTEXTO DA PESQUISA .....	22
1.2	MOTIVAÇÃO .....	23
1.3	PROBLEMA DE PESQUISA .....	24
1.4	OBJETIVOS .....	25
1.4.1	Objetivo Geral .....	25
1.4.2	Objetivos Específicos .....	25
1.5	PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES.....	26
1.6	ESTRUTURA DO DOCUMENTO .....	27
2	ENQUADRAMENTO TEÓRICO .....	28
2.1	PROCESSOS DE NEGÓCIO.....	28
2.2	COMPREENSÃO DE MODELOS DE PROCESSOS .....	29
2.3	EFICÁCIA COGNITIVA.....	29
2.4	MODELAGEM DE PROCESSOS.....	30
2.5	LINGUAGEM DE MODELAGEM.....	31
2.5.1	BPMN.....	32
2.6	<i>LAYOUT</i> DOS BPDs .....	34
2.7	BOAS PRÁTICAS DE MODELAGEM .....	35
2.7.1	Sete Boas Práticas de Modelagem de Processos .....	36
2.7.2	Tamanho dos Modelos .....	36
2.7.3	Topologia dos Modelos .....	37
2.7.4	<i>Layout</i> dos Modelos .....	38
2.7.5	Rótulos dos Modelos .....	40
2.8	RASTREAMENTO OCULAR .....	41
2.9	ELETOENCEFALOGRAMA .....	44

3	TRABALHOS RELACIONADOS.....	47
3.1	Compreensão de Modelos de Processos .....	47
3.1.1	Reijers e Mendling (2011).....	47
3.1.2	Dikici, Turetken e Demirors (2018) .....	48
3.2	Diretrizes de Modelagem de Processos .....	48
3.2.1	Schrepfer, Wolf, Mendling e Reijers (2009).....	48
3.2.2	Lübke, Ahrens e Schneider (2021).....	49
3.3	Sensores Biométricos.....	50
3.3.1	Petrusel, Mendling e Reijers (2016).....	50
3.4	Diferencial desta Pesquisa .....	50
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	51
4.1	POSICIONAMENTO EPISTEMOLÓGICO .....	51
4.2	NATUREZA E ABORDAGEM DA PESQUISA.....	52
4.3	MÉTODO DE PESQUISA.....	53
4.4	ESTRATÉGIA DE PESQUISA .....	54
4.5	DESENHO DA PESQUISA.....	55
5	QUASI-EXPERIMENTO .....	57
5.1	ESCOPO.....	57
5.2	PLANEJAMENTO.....	58
5.2.1	Selecionar Contexto.....	58
5.2.2	Formular Hipóteses .....	59
5.2.3	Selecionar Variáveis .....	60
5.2.4	Selecionar Participantes.....	61
5.2.5	Escolher Tipo do Projeto .....	63
5.2.6	Definir Instrumentos.....	63
5.2.6.1	Modelos BPMN.....	64
5.2.6.2	Questionários.....	67

5.2.6.3	<i>Eye-Tracking</i> .....	67
5.2.6.4	<i>Neurosky Mindwave</i> .....	69
5.2.6.5	Validar Planejamento .....	70
5.2.6.6	Executar Teste Piloto.....	71
5.3	Operação do <i>Quasi</i> -experimento .....	72
5.3.1	Fase de Preparação .....	75
5.3.2	Fase de Execução.....	75
5.3.3	Fase de Validação .....	76
6	ANÁLISE E DISCUSSÕES .....	77
6.1	ANÁLISE CONVENCIONAL .....	77
6.1.1	Questionário Sociocultural .....	77
6.1.2	Questionário de Facilidade .....	84
6.1.2.1	Com Diretrizes <i>versus</i> sem Diretrizes .....	84
6.2	ANÁLISE DOS DADOS BIOMÉTRICOS .....	89
6.2.1	ESTATÍSTICA DESCRITIVA .....	94
6.2.2	VALIDAÇÃO DAS HIPÓTESES .....	97
6.3	DIRETRIZES COGNITIVAMENTE VALIDADAS .....	99
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	102
7.1	SÍNTESE DA PESQUISA .....	102
7.2	LIMITAÇÕES DA PESQUISA .....	104
7.3	TRABALHOS FUTUROS .....	105
	REFERÊNCIAS .....	106
	APÊNDICES .....	118
	APÊNDICE A – Carta de Consentimento.....	118
	APÊNDICE B – Questionário Sociocultural.....	119
	APÊNDICE C – Questionário de Exatidão com Diretrizes de <i>Layout</i> .....	122
	APÊNDICE D – Questionário de Exatidão sem Diretrizes de <i>Layout</i> .....	127

APÊNDICE E – Questionário de Facilidade com Diretrizes de <i>Layout</i> .....	132
APÊNDICE F – Questionário de Facilidade sem Diretrizes de <i>Layout</i> .....	135
APÊNDICE G – Configuração do <i>Eye Tribe Tracker</i> .....	138
APÊNDICE H – Configuração do Neurosky Mindwave .....	144
APÊNDICE I – Teorias Estatísticas .....	148
ANEXO I – Configuração do Monitor utilizado no <i>quasi</i> -experimento .....	153

# 1 INTRODUÇÃO

---

Esta seção tem como propósito apresentar a contextualização, destacar a motivação e delinear os problemas abordados nesta dissertação. Além disso, a questão de pesquisa central e os objetivos estabelecidos para alcançar essas metas são claramente apresentados. Por fim, é fornecida uma visão geral da estrutura organizacional deste documento, delineando a sequência lógica das demais seções.

## 1.1 CONTEXTO DA PESQUISA

A gestão de processos de negócio (do inglês, *Business Process Management* ou BPM) é amplamente adotada pelas organizações com o objetivo de aprimorar suas estratégias de negócio e obter vantagens competitivas no mercado, bem como elicitar requisitos de sistemas de informações (MENDLING, et. al., 2018). Nesse contexto, a modelagem de processos negócio tem recebido grande atenção da comunidade de tecnologia da informação, sendo uma parte central do *design* organizacional (SCHALLES, 2012).

A modelagem de processos de negócio pode ser definida como uma abordagem organizada e estruturada que visa analisar, melhorar, controlar e gerenciar processos (MENDOZA *et al.*, 2018). Seu objetivo é aumentar a qualidade dos produtos e dos serviços, proporcionando uma compreensão, transformação e documentação clara do negócio por meio da diagramação dos processos. Essa abordagem fornece uma visão lógica das atividades da organização, sendo ela uma área interdisciplinar que envolve atividades conduzidas para representar visualmente os modelos usando uma notação específica (DUMAS et al., 2013). Esses modelos devem capturar as diferentes formas que um processo pode assumir (AALST, 2013), permitindo que sejam analisados, monitorados e aprimorados em relação ao valor esperado. O resultado desse processo é a construção de diagramas de processos de negócio (do inglês, *Business Process Diagram* ou BPD), que são representações abstratas de um processo, usando símbolos gráficos que facilitam a compreensão tanto por gerentes de negócios quanto por desenvolvedores de sistemas, revelando a essência de um determinado domínio (HARMON, 2019).

Em termos conceituais, um processo é definido como um conjunto de atividades encadeadas que ocorrem ao longo do tempo e espaço, produzindo produtos ou serviços para os

*stakeholders*, com início e fim determinados e com entradas e saídas bem definidas (DUMAS et al., 2018). Os processos podem ser documentados formalmente ou apenas definido informalmente. Mas, independentemente da sua natureza, os processos apresentam características, como diversos artefatos gráficos, que tornam a utilização de técnicas de modelagem apropriada.

De acordo com Mendling (2008), a representação de um BPD deve ser clara, precisa e ter qualidade gráfica para, segundo Miller *et al.* (2004), lidar com a limitada capacidade cognitiva dos seres humanos, uma vez que, em geral, não conseguimos compreender completamente um domínio. Portanto, para uma interpretação precisa, é crucial que um BPD represente o conhecimento de maneira clara, organizada e bem estruturada.

## 1.2 MOTIVAÇÃO

As organizações utilizam o gerenciamento de processos para aprimorar seu desempenho e se adaptar às mudanças de mercado ou às necessidades dos clientes (ABPMP, 2013). Esse gerenciamento é realizado por meio da modelagem de seus processos, que envolve a representação das atividades e resultados dos processos organizacionais, permitindo um acompanhamento contínuo e aprimoramento dos negócios (PEREIRA et al., 2011).

Os processos de negócio são elementos críticos que requerem compreensão por parte dos envolvidos, desde a criação dos modelos até o monitoramento e controle pelos gestores organizacionais. Para implementá-los, é necessário defini-los formalmente, documentá-los, homologá-los e treinar os membros da organização, garantindo uma compreensão uniforme e consciente (SCHEDLBAUER, 2010).

Com o objetivo de melhorar a modelagem e facilitar a compreensão dos modelos de processos, diversos autores propuseram diretrizes e padrões (MENDLING, 2013; GSCHWIND et al., 2014; LEOPOLD; MENDLING; GÜNTHER, 2016; KOSCHMIDER; FIGL; SCHOKNECHT, 2016; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ et al., 2017). Essas diretrizes orientam a modelagem e possibilitam melhorias nos processos, proporcionando um entendimento preciso. Modelos mal projetados prejudicam significativamente a compreensibilidade, tornando-os menos úteis (WESENBERG, 2011).

Os BPDs, também referenciados como modelos de processos de negócio, são o resultado do processo de modelagem de negócio e são representados graficamente, neste estudo,

utilizando a notação de modelos de processos de negócio (do inglês, *Business Process Model and Notation* ou BPMN).

### 1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Em geral, um BPD tem como objetivo apoiar e descrever aspectos relevantes de um domínio do mundo real. No entanto, existe um fator crítico associado a um BPD, uma vez que ele implica em uma postura epistemológica positivista, em que os projetistas propõem um modelo (ou diagrama) de processo com base em suas próprias percepções, que são frequentemente influenciados por suas percepções subjetivas (SCHÜETTE; ROTTHOWE, 1998). Em outras palavras, um BPD é sempre o resultado de uma tarefa não-determinística que requer padrões para atingir um certo nível de intersubjetividade. Portanto, não é incomum que modelos de processos apresentem problemas de modelagem, como erros de fluxo de controle, estruturas e *layouts* mal projetados (MENDLING; STREMBECK, 2008; LEOPOLD; MENDLING; GÜNTHER, 2016), o que pode prejudicar significativamente sua compreensão.

Neste sentido, existem duas abordagens que podem ser utilizadas para aumentar a compreensão de todos os *stakeholders*, sendo elas: (i) treinar todos os *stakeholders*, o que não resolve a raiz do problema; ou (ii) manipular as propriedades do modelo, tornando-o mais adequado para a compreensão (KROGSTIE, 2012). Dessa forma, uma solução proposta por diversos autores (MENDLING, 2013; GSCHWIND et al., 2014; LEOPOLD; MENDLING; GÜNTHER, 2016; KOSCHMIDER; FIGL; SCHOKNECHT, 2016; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ et al., 2017) é a utilização de diretrizes de modelagem (do inglês: *Guidelines of Modeling* ou GoM) (SCHÜETTE; ROTTHOWE, 1998), que orientam os projetistas dando luz à intersubjetividade em um BPD e buscando atender ao propósito de uma padronização. Dentre as diversas diretrizes, destaca-se o princípio da clareza, que é o ponto central desta pesquisa e visa melhorar a compreensibilidade dos modelos de processos por meio de um bom *layout*. Esse princípio busca adequar os artefatos gráficos em uma determinada notação, de modo a torná-los mais compreensíveis e intuitivos para os usuários. Nesta dissertação, um bom *layout* significa respeitar as diretrizes de *layout*, enquanto o mau *layout* está relacionado a não respeitar as diretrizes de *layout*.

Nessa perspectiva, diversas pesquisas (SHARIF; MALETIC, 2010a, 2010b, 2009; STÖRRLE, 2011, 2012, 2014, 2016; STÖRRLE et al., 2014; SANTOS et al., 2016) afirmam que um bom *layout* proporciona uma maior satisfação aos usuários. Essa afirmação é baseada

na ideia de que é necessário compreender primeiro um BPD para identificar oportunidades de melhoria. No entanto, apesar disso, ainda há um problema significativo com essas diretrizes de *layout*, pois elas não foram submetidas a um estudo cognitivo que avalie seus efeitos em relação à compreensibilidade dos modelos de processos (FIGL, 2017). Portanto, a questão de pesquisa que orientou esta investigação foi:



*Quais são as influências das diretrizes de layout na compreensibilidade dos modelos de processos, sob uma perspectiva cognitiva?*



Para especificar um BPD, existe uma variedade de linguagens de modelagem de processo, cada uma com elementos distintos e, por vezes, diferenças sutis em sua expressividade e semântica operacional. No entanto, este projeto tem o objetivo de investigar um caso específico: o BPMN. Essa escolha se justifica pelo amplo uso dessa notação, tanto na academia quanto na prática, como mencionado por Kossak *et al.* (2014).

## **1.4 OBJETIVOS**

A seguir estão apresentados os objetivos, geral e específicos, que nortearam a condução desta dissertação. O objetivo geral definiu o propósito e os específicos caracterizaram as etapas ou fases deste estudo.

### **1.4.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral desta dissertação é analisar, sob uma perspectiva cognitiva, as influências das diretrizes de *layout* na compreensibilidade dos modelos de processos no contexto dos modelos em BPMN.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

Com base no objetivo geral, os objetivos específicos, listados a seguir, foram estabelecidos para detalhar as etapas deste estudo:

- Realizar uma revisão da literatura para identificar as diretrizes de *layout* que impactam nos BPDs em BPMN;
- Especificar um *quasi*-experimento para analisar de que forma as diretrizes de *layout* influenciam os modelos de processos em BPMN;
- Aplicar o *quasi*-experimento previamente especificado para examinar a influência das diretrizes de *layout* nos modelos de processos em BPMN;
- Analisar e discutir os resultados obtidos por meio da aplicação do *quasi*-experimento;
- Descrever os resultados encontrados a partir das análises e discussões realizadas.

Dessa forma, com esses objetivos, este estudo busca compreender, sob a perspectiva cognitiva, como as diretrizes de *layout* afetam a compreensibilidade dos modelos de processos no contexto do BPMN, por meio da revisão da literatura, da realização de um *quasi*-experimento e da análise dos resultados obtidos.

## 1.5 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES

Esta dissertação apresenta uma contribuição significativa ao analisar as diretrizes de *layout* em modelos de processos no contexto de BPMN, com foco na compreensibilidade, sob uma perspectiva cognitiva. Para isso, foi realizado um *quasi*-experimento envolvendo acadêmicos e profissionais da área de processos.

De forma mais específica, as contribuições desta pesquisa passam pelos seguintes pontos:

- Especificação de um *quasi*-experimento para analisar o desempenho dos participantes na execução de tarefas relacionadas à compreensão de modelos de processos, comparando a utilização de diretrizes de *layout* com sua ausência;
- Incentivar uma melhor compreensão dos modelos BPMN, enfatizando a importância do *layout* na modelagem de processos como fator essencial para a compreensibilidade;
- Exploração do uso da percepção cognitiva por meio de dispositivos biométricos, como o rastreamento ocular e o eletroencefalograma, para orientar o desenvolvimento e aprimoramento dos modelos em BPMN;

Em suma, essa dissertação busca contribuir com a compreensibilidade dos modelos de processos no contexto do BPMN, por meio da análise das diretrizes de *layout*, proporcionando avanços na área e beneficiando tanto os profissionais envolvidos quanto o campo da modelagem de processos como um todo.

## 1.6 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

Com o objetivo de expor o trabalho desenvolvido, além dessa seção introdutória, este documento está estruturado da seguinte forma:

- Seção 2 – Enquadramento Teórico: nesta seção descreve-se o enquadramento teórico utilizado para embasar este estudo, abordando os principais conceitos que fundamentam esta pesquisa, tais como: processos de negócio, compreensão de modelos de processos, eficácia cognitiva, modelagem de processos, linguagens de modelagem, BPMN, *layout* dos BPDs, boas práticas de modelagem de processos, rastreamento ocular e, por fim, eletroencefalograma;
- Seção 3 – Trabalhos Relacionados: apresenta uma revisão dos principais trabalhos relacionados que abordam temas semelhantes ao desta dissertação, fornecendo um breve resumo sobre cada um deles;
- Seção 4 – Procedimentos Metodológicos: nesta seção são descritos as escolhas metodológicas e os princípios que norteiam o desenvolvimento desta pesquisa, incluindo o posicionamento epistemológico, a natureza e abordagem da pesquisa, o método utilizado, a estratégia empregada e o desenho da pesquisa;
- Seção 5 – *Quasi*-experimento: apresenta o ciclo experimental utilizado nesse estudo, dividido em cinco etapas. Sendo elas o escopo, o planejamento, a operação, a análise e as discussões. Vale ressaltar que as suas últimas etapas foram movidas para as Seções 6 e 7, respectivamente, para melhor organização do documento;
- Seção 6 – Análise e Interpretação: nesta seção são realizadas a análise e interpretação dos resultados obtidos durante a condução do *quasi*-experimento. Além dos resultados obtidos a partir dessa análise;
- Seção 7 – Considerações Finais: esta seção oferece uma síntese da pesquisa, esclarecendo o alcance dos objetivos propostos nesta dissertação. além disso, são apresentadas as limitações da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros.

Espera-se com essa estrutura organizada, que a presente dissertação possa proporcionar uma apresentação clara e sequencial do trabalho realizado, abordando desde os fundamentos teóricos até os resultados obtidos, culminando com uma síntese conclusiva e perspectivas para futuras pesquisas.

## 2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

---

Nesta seção, destacam-se alguns dos principais conceitos da literatura considerados importantes para o embasamento e desenvolvimento desta dissertação. Dessa forma, ela está estruturada em: processos de negócio, compreensão dos modelos de processos, eficácia cognitiva, linguagens de modelagem, BPMN, boas práticas de modelagem de processos, *layout* de BPD, rastreamento ocular e, por fim, eletroencefalograma.

### 2.1 PROCESSOS DE NEGÓCIO

Processos são formados por um conjunto de atividades e procedimentos coordenados, que consomem recursos visando cumprir objetivos específicos de determinados *stakeholders* (MELÃO; PIDD, 2000). Sendo eles fundamentais para o desempenho organizacional (SHARP; McDERMOTT, 2009).

Neste estudo, que tem como foco o *layout* dos BPDs, a preocupação central está nos processos de negócio, que são formados por um conjunto de atividades manuais ou automatizadas que ocorrem dentro das organizações. Neste sentido, um processo pode ser definido como um conjunto de atividades sequenciais ou não, realizadas por humanos ou máquinas, com um fluxo de entrada (insumo), processamento e saída (produto/serviço final), tendo como objetivo a obtenção de um ou mais resultados que agregam valor para algum(ns) cliente(s) (ABPMP, 2015). Corroborando com a premissa de agregação de valor, Alves Filho (2011) afirma que a lógica operacional do processo deve oferecer, por meio dos seus produtos e serviços de boa qualidade, alguma entrega de valor ao cliente.

Neste cenário, as organizações executam o seu trabalho por meio de processos de negócios, utilizando-os, segundo Laudon e Laudon (2017), para agregar valor aos seus parceiros e aos clientes, de forma interna e externa, respectivamente. Nesta perspectiva, processos são definidos também como rotinas organizacionais (LAUDON; LAUDON, 2006), que, independentemente de sua natureza, apresentam características que os tornam adequados para o uso de técnicas de modelagem.

## 2.2 COMPREENSÃO DE MODELOS DE PROCESSOS

A compreensão de um modelo de processo se refere à facilidade com que o leitor é capaz de entender as informações nele contidas (REIJERS et al., 2011). Em um outro estudo realizado no mesmo ano, Reijers *et al.* (2011) destacaram a compreensão dos processos como uma etapa da aprendizagem, na qual os envolvidos incorporam o conteúdo do processo ao seu *know-how*, resultando em novas aprendizagens como resultado desse processo.

Em consonância com esses estudos, Houy *et al.* (2014) relacionaram a compreensão dos processos à facilidade de uso e ao esforço necessário para ler e interpretar corretamente um modelo de processo. Seguindo essa mesma perspectiva, Weske (2012) definiu a compreensão como uma qualidade pragmática do modelo, que avalia se um modelo gráfico pode ser compreendido e interpretado adequadamente pelos seus leitores, em relação ao propósito estabelecido para o modelo (WESENBERG, 2011). Afinal, mesmo o melhor modelo concebível não será útil se não puder ser compreendido.

A compreensão do modelo depende de alguns fatores, sendo eles (DIKICI et al., 2018):

- (i) Fatores pessoais, que dizem respeito à capacidade dos leitores em ler e compreender o modelo de processo, bem como sua habilidade de aprendizado e familiaridade com modelos, conhecimento prévio da notação de modelagem e do domínio do modelo; e,
- (ii) Fatores do modelo, que envolvem aspectos relacionados à compreensão dos modelos, como a notação de modelagem, o *layout* visual, a modularidade, as diretrizes de modelagem, entre outros.

Portanto, para aprimorar a compreensão de um modelo, é necessário trabalhar tanto nos fatores pessoais quanto nos fatores do próprio modelo de processo (DIKICI et al., 2018).

## 2.3 EFICÁCIA COGNITIVA

Segundo Santos (2016), o termo “*eficácia cognitiva*” está diretamente relacionada à aquisição de conhecimento (cognição ou comunicação de informação) em termos de exatidão, velocidade e facilidade, sendo determinada pela forma como uma representação (modelo ou símbolo gráfico) é processada pela mente humana (MOODY, 2009). Neste contexto, uma representação cognitivamente eficaz é aquela otimizada para ser processada pelos humanos

(MOODY, 2009), especialmente quando se busca descrever ou compreender conceitos abstratos ou complexos.

De acordo com Figl *et al.* (2010), a atividade de aprender linguagens de modelagem, criar ou entender modelos de processos envolve uma variedade de processos mentais, como percepção visual, processamento de informações, raciocínio lógico para solução de problemas e memória de curto e longo prazo. A pesquisa cognitiva em modelos surge, conforme destacado por Gemino e Wand (2004), surge com o objetivo de compreender os fatores intrínsecos à atividade cognitiva de compreensão, análise ou criação de um modelo.

De acordo com Moody e van Hillegersberg (2008), a eficácia cognitiva oferece uma definição operacional para avaliar a qualidade de uma linguagem visual, determinando sua utilidade na comunicação. Dentro desse contexto, a eficácia cognitiva dos modelos é amplamente aceita como uma suposição fundamental no desenvolvimento de sistemas. No entanto, ela não é uma característica intrínseca dos modelos, mas algo que precisa ser deliberadamente projetado neles. Em outras palavras, os diagramas não são automaticamente eficazes apenas por serem gráficos, e quando são mal projetados, podem ser significativamente menos eficazes do que o texto. Portanto, é essencial considerar cuidadosamente os aspectos cognitivos ao criar e utilizar os modelos, a fim de garantir sua efetividade na transmissão de informações e no processo de negócio.

## 2.4 MODELAGEM DE PROCESSOS

A modelagem de processos de negócio é o conjunto de atividades conduzidas para representar visualmente modelos qualitativamente fundamentados dos processos, de modo que eles possam ser analisados, monitorados e aprimorados em relação ao valor esperado (ABPMP, 2015). Neste sentido, o objetivo da modelagem de processos de negócio é construir os BPDs (WESKE, 2012), que devem proporcionar uma melhor compreensão dos processos, permitindo uma análise de forma mais apropriada (RECKER, 2010).

Assim, uma vez que os BPDs são utilizados para apoiar as atividades de diferentes *stakeholders*, com diferentes experiências técnicas (*e.g.*, analistas de requisitos, projetistas de negócio, gestores, clientes *etc.*), eles devem ser adequados, entre outros propósitos, para facilitar o entendimento de todos. No entanto, de acordo com Figl e Laue (2011), um *stakeholder* só compreende um BPD quando ele é capaz de explicá-lo. Em outras palavras, há compreensão quando o leitor consegue explicar a estrutura, o comportamento e os efeitos do

BPD sobre o seu contexto. Por outro lado, a compreensão não é uma propriedade intrínseca em um BPD, mas algo que deve ser considerada na sua representação pelas linguagens de modelagem.

## 2.5 LINGUAGEM DE MODELAGEM

No contexto desta dissertação, as linguagens de modelagem devem representar os aspectos dinâmicos e estruturais (ou estáticos) dos modelos de processos, expressando as características essenciais de todos os artefatos do negócio. Porém, para Dumas *et al.* (2018), uma linguagem de modelagem deve consistir, principalmente, de três partes:

- (i) **sintaxe**, que define um conjunto de construções e regras, que descrevem como as construções podem ser combinadas;
- (ii) **semântica**, que define o significado das construções definidas na sintaxe; e
- (iii) **notação**, que define um conjunto de símbolos gráficos, que são utilizados na representação dos BPDs.

Como já mencionado, nas organizações, os BPDs são importantes para documentar os processos de negócios e especificar os requisitos dos sistemas de informações em desenvolvimento, tendo, desde a introdução dos fluxogramas na década de 20 (INDULSKA; ZUR MUEHLEN; RECKER, 2009), diversas notações para representá-los. Em Mili *et al.* (2010), essas notações são classificadas em duas categorias:

- Semiformal: linguagens que compartilham preocupações com a compreensibilidade e são passíveis de várias análises informais ou heurísticas, *e.g.*, BPMN (OMG-BPMN, 2014), UML *Activity Diagram* (OMG-UML, 2017), e *Event-Driven Process Chain* (EPC) (SCHEER; NÜTTGENS, 2000);
- Formal/executável: linguagens em que a sintaxe e a semântica são precisamente definidas e/ou executáveis, *e.g.*, *Business Process Execution Language - BPEL* (ALVES et al., 2007), *Petri Nets* (PETRI, 1962), *Yet Another Workflow Language* (YAWL) (HOFSTEDE et al., 2009), e *Subject-Oriented Business Process Management* (S-BPM) (FLEISCHMANN, 2010).

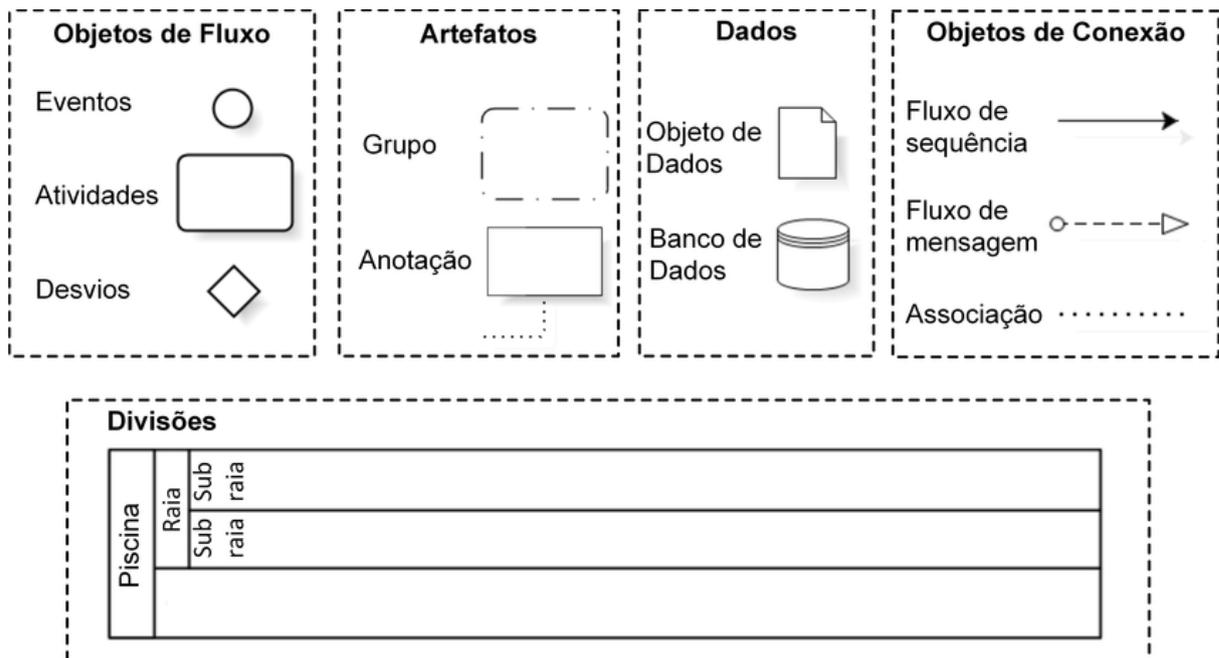
Porém, como já ressaltado, o BPMN (OMG-BPMN, 2014) foi a notação utilizada por ser considerada a mais completa (INDULSKA; ZUR MUEHLEN; RECKER, 2009) e a mais utilizada entre os profissionais de modelagem de processos (HARMON; WOLF, 2011); assim,

neste projeto, a partir deste ponto, o acrônimo BPD representa os diagramas/modelos em BPMN.

## 2.5.1 BPMN

O BPMN é uma linguagem de modelagem criada pela iniciativa de gerenciamento de processos de negócios (do inglês, *Business Process Management Initiative* ou BPMI), que foi incorporada pelo grupo de gerenciamento e objetos (do inglês, *Object Management Group* ou OMG) (OMG-BPMN, 2014). De maneira mais específica, esta linguagem apresenta uma notação bastante rica em termos de simbologia, o que a torna, segundo Kossak *et al.* (2014), uma gramática bastante complexa. Porém, é possível dividir todos os seus artefatos em cinco grupos. A Figura 1 demonstra essa representação gráfica com alguns dos seus principais artefatos em cada grupo (OMG-BPMN, 2014).

Figura 1. Elementos básicos do BPMN



Fonte: Santos, 2016.

A seguir a descrição, de cada grupo de acordo com o OMG (OMG-BPMN, 2014), é apresentada:

- **Objetos de fluxo:** são os elementos mais básicos que definem as ações que devem ser tomadas pelo fluxo do processo. Esses elementos se dividem em três categorias: eventos, atividades e desvios (*gateways*);

- Artefatos: são os elementos utilizados para fornecer informações adicionais aos processos. Esses elementos se dividem em duas categorias: grupo e anotação de texto;
- Dados: são os elementos que representam tanto os itens físicos como as informações relativas à execução dos processos. Estes elementos se dividem em seis categorias: objeto de dados, armazenamento de dados, dados de entrada, dados de saída, conjunto de entrada e o conjunto de saída.
- Objetos de conexão: são os elementos responsáveis por efetuar as ligações entre os elementos dispostos no fluxo de trabalho. Os objetos de conexão se dividem em três categorias: fluxo de sequência, fluxo de mensagens e associação;
- Divisões: também são conhecidas como *swimlanes*, são os elementos que auxiliam a agrupar e a organizar os elementos em categorias separadas para diferentes responsabilidades funcionais, podendo ser catalogadas como: piscinas e raias. As raias, contidas dentro das piscinas, representam os atores internos ao processo. Já as piscinas representam o processo propriamente dito ou os atores externos aos processos;

Aqui cabe ressaltar, como já mencionado, que o BPMN é uma linguagem expressivamente muito ampla. Porém, os estudos de Kunze *et al.* (2011) e Chinosi e Trombetta (2012) ressaltam que a maioria dos projetistas recorrem com frequência a apenas um subconjunto limitado de 14 artefatos. O Quadro 1 apresenta esses artefatos com uma breve descrição de acordo com a OMG-BPMN, 2014.

Quadro 1. Elementos mais utilizados em BPMN.

Elemento	Representação Gráfica	Descrição
Fluxo de Sequência ( <i>Sequence Flow</i> )	Conecta dois objetos de fluxo, sendo utilizado para mostrar a ordem de execução dos objetos de fluxo no processo.	
Atividades ( <i>Task</i> )	Elemento genérico, que representa as ações realizadas durante um processo.	
Evento Final ( <i>End Event</i> )	Indica o final do processo.	
Evento Final com Mensagem ( <i>Message End Event</i> )	Indica uma comunicação a ser enviada no final do processo.	
Evento de Início com Mensagem ( <i>Message Start Event</i> )	Indica uma comunicação dando início ao processo.	

Elemento	Representação Gráfica	Descrição
Piscina ( <i>Pool</i> )	Representa o processo ou um dos participantes externos ao processo.	
Raias ( <i>Lanes</i> )	Representa um participante interno do processo.	
Gateway Exclusivo ( <i>Exclusive Gateway</i> )	Representa a ocorrência de caminhos alternativos, sendo usado como divisão ou junção dos caminhos.	
Gateway Paralelo ( <i>Parallel Gateway</i> )	Representa a ocorrência de caminhos em paralelo, sendo usado para dividir um fluxo de sequência em dois ou mais caminhos paralelos ou para unir caminhos paralelos.	
Gateway Inclusivo ( <i>Inclusive Gateway</i> )	Representa a ocorrência de caminhos que podem ou não ser realizados em paralelo a depender de uma condição, sendo usado para dividir ou unir caminhos a depender da condição.	
Evento Intermediário com Mensagem ( <i>Message Intermediate Event</i> )	Representa a ocorrência de uma comunicação que será enviada no decorrer do processo.	
Evento Intermediário com Tempo ( <i>Timer Intermediate Event</i> )	Representa a ocorrência de um período durante que deverá ser sinalizado no decorrer do processo.	
Fluxo de Mensagens ( <i>Message Flow</i> )	Representa a comunicação entre participantes do processo. Ou seja, indica interações no decorrer do processo.	
Objetos de Dados ( <i>Data Object</i> )	Representa objetos de dados que são consumidos e produzidos pelas atividades de um processo.	

Fonte: Adaptado de OMG-BPMN, 2014.

## 2.6 LAYOUT DOS BPDs

Os *layouts* dos BPDs, no contexto de BPMN, referem-se de uma forma geral, aos diagramas representados pelos elementos da notação BPMN para descrever os processos de negócio (SRIKARSEMSIRA; ROONGRUANGSUWAN, 2005). De acordo com Schrepfer *et al.* (2009), a qualidade do *layout* gráfico dos BPDs afeta a facilidade da compreensibilidade das informações contidas nesses diagramas. Dessa forma, em virtude das diferenças de nível de conhecimento dos *stakeholders* e da complexidade, muitas vezes existentes nos processos de

negócio, torna-se um desafio diagramar um *layout* de processo amigável e entendível para todos. Ademais, um modelo de processo com um mau *layout* pode, como já ressaltado, comprometer o entendimento do processo. Assim, numa perspectiva a longo prazo, os processos mal compreendidos podem originar problemas organizacionais.

Corroborando com essas informações, Mendling *et al.* (2010) ressaltam que a modelagem de processos é uma atividade difícil e que, na maioria das vezes, requer experiência dos seus projetistas (FIGL, 2017; NELSON *et al.*, 2012). Contudo, independentemente do tipo de erro apresentado no BPD, o desenho mal elaborado pode induzir os *stakeholders* a um entendimento equivocado.

Especificamente em relação aos *layouts* dos BPDs, os projetistas têm a possibilidade de modelar com liberdade, manipulando aspectos visuais, como tamanho, cor e posição dos elementos de modelagem, sem alterar a semântica dos BPDs (MOHER *et al.*, 1993; PETRE, 1995).

As diretrizes de *layout* para modelos de processos em BPMN, que foram avaliadas nesta pesquisa, estão detalhadas na subseção 2.5.4 e são descritas a seguir.

- Usar cores para destacar os elementos do modelo de processo, quando necessário;
- Fluir o processo da esquerda para a direita;
- Minimizar o número de curvas nos fluxos de sequência;
- Evitar o cruzamento dos fluxos de sequência.
- Usar simetria, entre os elementos do modelo; e,
- Manter próximos elementos que têm o mesmo objetivo.

Na próxima subseção são apresentadas algumas diretrizes referenciadas na literatura como boas práticas de modelagem de processos, como também, conjuntos de diretrizes segmentadas por tamanho, topologia, *layout*, rótulo, dentre outras.

## **2.7 BOAS PRÁTICAS DE MODELAGEM**

O uso de boas práticas de modelagem de processos visa possibilitar a compreensibilidade dos modelos sem modificar o comportamento expressado neles (KROGSTIE, 2012). Assim, a literatura tem sugerido, por meio de alguns autores, diretrizes e padrões a serem seguidos. Nas próximas subseções serão apresentadas algumas dessas orientações, suas evidências empíricas e seus respectivos autores.

## 2.7.1 Sete Boas Práticas de Modelagem de Processos

Segundo Mendling *et al.* (2010), a simplicidade e praticidade são essenciais na modelagem dos processos. Esses autores apresentaram um conjunto de boas práticas denominadas Sete Boas Práticas de Modelagem de Processos (do inglês, *Seven Process Modeling Guidelines* ou 7PMG), que podem ser visualizadas no Quadro 2.

Quadro 2. Diretrizes referentes as Sete Boas Práticas de Modelagem de Processos - 7PMG.

#Número	Boas Práticas
A1	Usar o menor número de elementos possível.
A2	Reduzir os fluxos de sequência de cada elemento.
A3	Usar apenas um evento de início e um evento de fim.
A4	Modelar o mais estruturado possível.
A5	Evitar <i>gateways</i> do tipo OR.
A6	Usar rótulos do tipo verbo-objeto nas atividades.
A7	Decompor modelos com mais de 50 elementos.

Fonte: Adaptado de Mendling, Reijers and Aalst (2010).

## 2.7.2 Tamanho dos Modelos

Segundo Dumas *et al.* (2012), torna-se difícil compreender um modelo de processo quando este se encontra composto por muitos elementos, devido a elevada quantidade de informações. Neste sentido, reduzir e simplificar modelos de processos grandes, ocultando detalhes mais complexos nos subprocessos ou decompor em vários modelos, pode ser uma alternativa de solução para esse problema. O Quadro 3 ilustra essas diretrizes, segundo Sánchez-González *et al.* (2013, 2017).

Quadro 3. Diretrizes referentes ao Tamanho do Modelo de Processo.

#	Diretriz	Limite	Nível de Evidência <sup>1</sup>	Autores
B1	Usar o menor número de elementos possível.	$\leq 37$	Forte	MENDLING; REIJERS; AALST (2010). GRUHN; LAUE (2009); MENDLING <i>et al.</i> (2012).
B2	Usar o mínimo de atividades possíveis.	$\leq 31$	Forte	MENDLING; NEUMANN; AALST (2007); MENDLING; STREMBECK (2008); WEBER <i>et al.</i> (2008); KAHLOUN; CHANNOUCHI (2016).
B3	Usar o mínimo de eventos possíveis.	$\leq 7$	Moderado	AGUILAR <i>et al.</i> (2007); MENDLING; NEUMANN (2007); ROLÓN <i>et al.</i> (2009);

<sup>1</sup> Nível de evidência sugerido pelos seus autores.

				SÁNCHEZ-GONZÁLEZ <i>et al.</i> (2013); SÁNCHEZ-GONZÁLEZ <i>et al.</i> (2017).
B4	Usar um evento inicial e um evento final	= 1	Forte (evento inicial); Moderado (evento final).	AGUILAR <i>et al.</i> (2007); ROLÓN <i>et al.</i> (2009); BERNSTEIN; SOFFER (2015); SÁNCHEZ-GONZÁLEZ <i>et al.</i> (2017).
B5	Usar o mínimo de eventos intermediários possíveis.	N/D	Moderado	AGUILAR <i>et al.</i> (2007); ROLÓN <i>et al.</i> (2009).
B6	Usar o mínimo de gateways possíveis.	$\leq 18$	Forte	MENDLING; NEUMANN (2007); AGUILAR <i>et al.</i> (2007); MENDLING <i>et al.</i> (2008); ROLÓN <i>et al.</i> (2009); RODRIGUES <i>et al.</i> (2015); SÁNCHEZ-GONZÁLEZ <i>et al.</i> (2013); SÁNCHEZ-GONZÁLEZ <i>et al.</i> (2017).
B7	Evitar usar gateways inclusivos (OR).	N/D	Moderado	KOEHLER; VANHATALO (2007); MENDLING; NEUMANN (2007); MENDLING (2007); MENDLING; REIJERS; AALST (2010); MENDLING <i>et al.</i> (2012); MENDLING (2013); SÁNCHEZ-GONZÁLEZ <i>et al.</i> (2013); SÁNCHEZ-GONZÁLEZ <i>et al.</i> (2017).
B8	Não usar gateways implícitos.	N/D	Forte	RECKER (2013).
B9	Usar o mínimo de raias e piscinas possíveis.	$\leq 4$	Moderado	ROLÓN <i>et al.</i> (2009); SÁNCHEZ-GONZÁLEZ <i>et al.</i> (2017).
B10	Usar o mínimo de fluxos de sequência possíveis.	$\leq 34$	Forte	MENDLING; NEUMANN; AALST (2007); MENDLING; REIJERS; CARDOSO (2007); MENDLING <i>et al.</i> (2008); AGUILAR <i>et al.</i> (2007); ROLÓN <i>et al.</i> (2009); SÁNCHEZ-GONZÁLEZ <i>et al.</i> (2013); SÁNCHEZ-GONZÁLEZ <i>et al.</i> (2017).
B11	Minimizar o grau de todos os elementos.	N/D	Fraco	MENDLING; REIJERS; AALST (2010).
B12	Minimizar o grau de todos os gateways.	$\leq 5$	Forte	SILVER (2009); MENDLING; REIJERS; AALST (2010).
B13	Minimizar o caminho mais longo desde o evento inicial até o evento final.	$\leq 16$	Fraco	SÁNCHEZ-GONZÁLEZ <i>et al.</i> (2017)

### 2.7.3 Topologia dos Modelos

Essa categoria de diretrizes refere-se à combinação dos elementos entre si, considerando a forma em que eles estão dispostos no modelo de processo, sem interferir na sua semântica. Essa relação possibilita que o projetista construa modelos de processos com elementos estranhos, diminuindo a sua compreensão, ou com falhas estruturais, tornando o modelo confuso. Nesse caso, Holl e Valentin (2004) o denominam como modelo “*Spaghetti*”, devido à

dificuldade de acompanhar e compreender todos os caminhos possíveis de fluxos de sequência. O Quadro 4 ilustra as diretrizes dessa categoria.

Quadro 4, Diretrizes referentes a Topologia do Modelo de Processo.

#	Diretriz	Nível de Evidência	Autores
C1	Modelar o mais estruturado possível.	Moderado	LEOPOLD; MENDLING; GÜNTHER (2016).
C2	Evitar aninhar blocos estruturados dentro um do outro, quando possível.	Forte	MENDLING; NEUMANN; AALST (2007); MENDLING (2007).
C3	Minimizar o nível de paralelismo, quando possível.	Fraco	MENDLING; NEUMANN; AALST (2007); MENDLING (2007).
C4	Minimizar o número de ciclos, quando possível.	Fraco	MENDLING (2007); MENDLING <i>et al.</i> (2008); MENDLING; NEUMANN (2007); MENDLING <i>et al.</i> (2012).
C5	Não criar ciclos com várias saídas.	Não investigado	DUMAS <i>et al.</i> (2012).
C6	Evitar uso de vários gateways, quando possível	Moderado	MENDLING (2007); SÁNCHEZ-GONZÁLEZ <i>et al.</i> (2011); SÁNCHEZ-GONZÁLEZ <i>et al.</i> (2013).
C7	Reduzir a conectividade dos elementos do processo.	Forte	AGUILAR <i>et al.</i> (2006); ROLÓN <i>et al.</i> (2009); MENDLING; REIJERS; CARDOSO (2007); FERNANDEZ-ROPERO <i>et al.</i> (2013); SÁNCHEZ-GONZÁLEZ <i>et al.</i> (2017).
C8	Decompor modelos muito grandes.	Forte	REIJERS; MENDLING; DIJKMAN (2011).
C9	Usar subprocesso para representar os fragmentos do modelo que ocorrem várias vezes ou que se beneficiam de ser agrupados ou ocultos.	Moderado	WEBER <i>et al.</i> (2008).
C10	Não decompor ou modularizar excessivamente o modelo de processo.	Forte	TURETKEN <i>et al.</i> (2016).

## 2.7.4 *Layout* dos Modelos

Essa categoria de diretrizes orienta sobre o *layout* dos modelos de processos, que vai além dos elementos gráficos determinados pelas linguagens de modelagem, como BPMN. Este estudo, teve como foco as diretrizes de *layout* em modelos de processo diagramados em BPMN. Em relação a essa notação, segundo Schrepfer *et al.*, (2009), embora BPMN disponibilize uma variedade de elementos gráficos para compor a modelagem de processos e especificar a semântica desses elementos, não formaliza como eles devem ser posicionados nos modelos. Dessa forma, notações de modelagem que se limitam a um conjunto formal de símbolos e especificação semântica desses, são denominadas como primeira notação (SCHREPFER *et al.*, 2009).

As características visuais dos modelos de processo não se limitam a primeira notação, pois o projetista pode enriquecer o modelo com cores, simetria dos elementos gráficos, redução dos fluxos de sequência, dentre outros fatores que não fazem parte da notação formal. Esses fatores que compõem o *layout* gráfico são denominados como notação secundária e podem influenciar também na compreensibilidade dos modelos de processo (PURCHASE, 1997). O Quadro 5 ilustra algumas diretrizes de *layout*, referenciadas na literatura, e seus níveis de evidência com os seus respectivos autores.

Quadro 5. Diretrizes referentes ao *Layout* dos Modelos de Processo.

#	Diretriz	Nível de Evidência/Autores	Autores
D1	Usar cores para destacar os elementos do modelo.	<p><b>Gateways coloridos</b> - impacto na exatidão da compreensibilidade</p> <p>Evidência significativa, sobretudo em usuários novatos.</p> <p><b>Coloração de tipos de elementos diferentes</b></p> <p>Evidência forte em culturas germânicas; fraca em culturas confucionistas.</p>	<p>REIJERS <i>et al.</i> (2011);</p> <p>KUMMER; RECKER; MENDLING (2016).</p>
D2	Minimizar a área de desenho do modelo, preferencialmente, dentro de uma página.	<p><b>Layout visual em uma página ou uma tela</b> (formato digital).</p> <p>Não comprovado empiricamente, mas recomendado por vários estudos.</p>	<p>BERNSTEIN; SOFFER (2015); EFFINGER; JOGSCH; SEIZ (2010); GSCHWIND <i>et al.</i> (2014).</p>
D3	Fluir o processo da esquerda para a direita,	<p><b>Padrão na direção do fluxo de sequência</b> (esquerda para direita).</p> <p>Importante para a compreensibilidade (embora não apresentou evidência significativa).</p>	<p>EFFINGER; JOGSCH; SEIZ (2010); REGGIO; LEOTTA; RICCA (2011);</p> <p>LEOPOLD; MENDLING; GÜNTHER (2016);</p> <p>HAISJACKL <i>et al.</i> (2015); BERNSTEIN; SOFFER (2015),</p> <p>FIGL; STREMBECK (2014); FIGL; STREMBECK (2015).</p>
D4	Minimizar o número de curvas no fluxo de sequência.	<p><b>Números inadequados de curvas</b> reduz a clareza do modelo.</p> <p>Evidência Forte.</p>	<p>SCHREPFER <i>et al.</i> (2009); EFFINGER; JOGSCH; SEIZ (2010);</p> <p>GSCHWIND <i>et al.</i> (2014).</p> <p>HAISJACKL <i>et al.</i> (2015).</p>

D5	Minimizar o número de cruzamentos de fluxo de sequência.	<p><b>Melhora a compreensibilidade</b></p> <p>Evidência fraca comprovada por gráficos.</p> <p>Recomendado, porém com comprovação empírica pouco significativa.</p>	<p>HAISJACKL <i>et al.</i> (2015); SCHREPFER <i>et al.</i> (2009); EFFINGER; JOGSCH; SEIZ (2010); GSCHWIND <i>et al.</i> (2014).</p>
D6	Evitar a sobreposição de elementos.	<p><b>Facilidade na leitura</b></p> <p>Evidência não significativa.</p>	<p>SCHREPFER <i>et al.</i>, (2009); BERNSTEIN; SOFFER (2015).</p> <p>LEOPOLD; MENDLING; GÜNTHER (2016); EFFINGER; JOGSCH; SEIZ (2010).</p>
D7	Usar os elementos de forma simétrica entre si.	<p><b>Afeta a compreensão.</b></p> <p><b>Ocultar elementos do tipo nó</b></p> <p>Evidências fracas</p>	<p>LEOPOLD; MENDLING; GÜNTHER (2016); SCHREPFER <i>et al.</i> (2009); BERNSTEIN; SOFFER (2015); PURCHASE (1997).</p> <p>EFFINGER; JOGSCH; SEIZ (2010).</p>
D8	Manter próximos elementos relacionados entre si,	<p><b>Facilidade no reconhecimento dos elementos e maior compreensão.</b></p> <p><b>Forte relação com o espaçamento entre os elementos</b></p> <p>Evidências não investigadas.</p>	<p>SCHREPFER <i>et al.</i> (2009);</p> <p>LEOPOLD, MENDLING e GÜNTHER (2016).</p>

## 2.7.5 Rótulos dos Modelos

Essa categoria de diretrizes tem por finalidade orientar como criar rótulos de texto para elementos dos modelos de processo. Especificamente em BPMN, dependendo do elemento, não há obrigatoriedade em rotulá-lo, porém é recomendável que as atividades sejam todas rotuladas para definir sua semântica. Aqui cabe ressaltar, que o modelador é livre para rotular da forma que desejar, sendo essa rotulagem mais uma arte do que uma ciência (MENDLING; REIJERS; RECKER, 2010).

Existem vários estudos que orientam a forma adequada de rotulagem objetivando evitar ambiguidade ou imprecisão dos rótulos, possibilitando serem legíveis e eficientes na

compreensão dos modelos de processo. O Quadro 6 ilustra essas diretrizes com seus respectivos autores e níveis de evidência.

Quadro 6. Diretrizes referentes aos Rótulos dos Modelos de Processo.

#	Diretriz	Nível de Evidência	Autores
E1	Usar rótulo consistente.	Fraco	Leopold <i>et al.</i> (2013); Reijers; Mendling; Dijkman (2011).
E2	Usar verbo-objeto para rotular atividades.	Fraco	Silver (2009); Arkilic; Reijers; Goverde (2013); Leopold; Mendling; Günther (2016).
E3	Usar objeto-partícula para rotular eventos.	Não investigado	Silver (2009); Leopold; Mendling; Günther (2016).
E4	Usar objeto-partícula para rotular <i>gateways</i> .	Não investigado	Silver (2009); Leopold; Mendling; Günther (2016).
E5	Rotular tudo que for necessário com informações significativas e completas.	Não investigado	Leopold <i>et al.</i> (2013).
E6	Evitar rótulos vagos ou ambíguos.	Forte	Weber <i>et al.</i> (2011); Laue; Mendling (2010).
E7	Rotular informações relevantes para o tipo de elemento ( <i>e.g.</i> , informações de tempo no cronômetro eventos).	Não investigado	Leopold; Mendling; Günther (2016).
E8	Evitar sinônimos e homônimos.	Não investigado	Mendling (2013); Pittke; Leopold; Mendling (2013).
E9	Rotular próximo ou dentro dos elementos do modelo.	Não investigado	Mendling e Strembeck (2008).
E10	Usar nomenclatura curta.	Forte	Mendling e Strembeck (2008).
E11	Usar fontes “ <i>sans-serif</i> ” e não usar negrito.	Forte	Mendling e Strembeck (2008).
E12	Usar rótulos alinhados à esquerda.	Fraco	Mendling e Strembeck (2008).
E13	Rotular com palavras curtas.	Fraco	Mendling e Strembeck (2008).
E14	Prover alto contraste entre as cores das fontes e o fundo.	Fraco	Koschmider, Figl e Schoknecht (2016).

## 2.8 RASTREAMENTO OCULAR

O rastreamento ocular (do inglês: *eye-tracking*) é reconhecido por alguns autores (RAYNER, 1998; DUCHOWSKI, 2017) como uma técnica de monitoramento dos movimentos oculares. É um dispositivo que coleta os dados cognitivos dos usuários, permitindo, através dos movimentos dos olhos, o rastreamento e a gravação desses dados. Assim, é possível estudar os processos cognitivos e o esforço dos usuários durante a execução de tarefas (SHARAFI et al., 2015). Em função da sua alta sensibilidade temporal, o rastreamento ocular pode apresentar uma visão de cada momento da cognição em desenvolvimento, em vez de simplesmente revelar

o resultado. Segundo Sharafi *et al* (2015), os dispositivos de rastreamento ocular se classificam em duas categorias:

- **Intrusivos:** são, normalmente, fixados na cabeça, contendo câmaras que possibilitam a captura dos movimentos dos olhos (ver Figura 2). Por exemplo, na Figura 2, o dispositivo apresenta duas outras câmaras que se posicionam na parte inferior da cabeça para emitir raios infravermelhos e capturar os raios refletidos nas pupilas do participante, e uma terceira câmara, que detecta os movimentos da cabeça do participante.

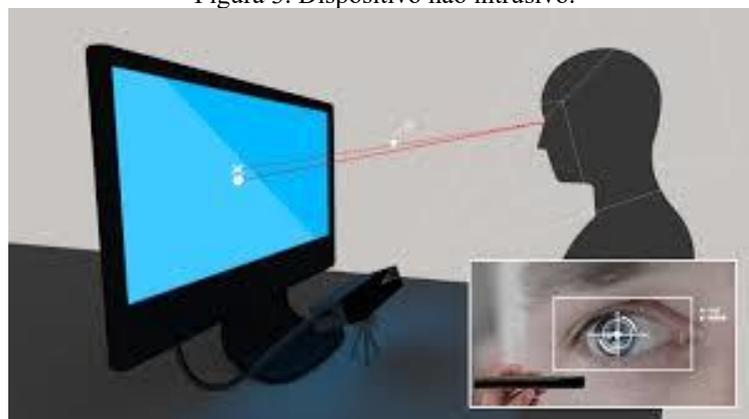
Figura 2. Dispositivo intrusivo *EyeLink II*.



Fonte: SR Research (2001).

- **Não intrusivos:** são dispositivos que não se posicionam diretamente acoplados à cabeça do participante, proporcionando assim uma experiência mais natural e confortável. Por exemplo, o dispositivo apresentado na Figura 3 possui duas minicâmeras que detectam o posicionamento dos olhos do participante através de raios infravermelhos.

Figura 3. Dispositivo não intrusivo.



Fonte: *The Eye Tribe Tracker* (2012).

O esforço visual, caracterizado pelos movimentos oculares, é a quantidade de esforço necessário para processar uma área de interesse (do inglês: *Areas of Interest* ou AOI). Desta

forma, uma AOI pode ser considerada como relevante ou irrelevante para uma determinada tarefa que está sendo executada por um usuário (CARTER; LUKEY, 2020).

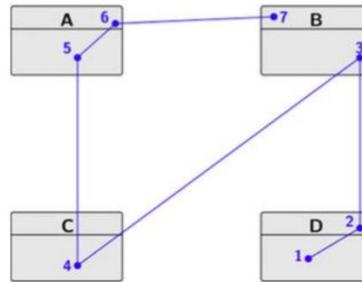
Dentro deste conceito, o rastreamento ocular pode disponibilizar várias medidas para análise (HOLMQVIST et al., 2011), tornando essa técnica flexível e aplicável a muitas questões de pesquisa e tarefas experimentais diferentes. A maioria das análises usam *Fixações* e *Sacadas* como unidade básica de dados para esse tipo de análise (CARTER; LUKEY, 2020). Corroborando com esses autores, Duarte *et al.* (2021) ressaltam a existência de muitos métodos para análise de dados coletados por meio do rastreamento ocular, sendo o mais usual a análise do percurso visual dos participantes em uma AOI específica (*e.g.*, modelo de processos). Neste tipo de análise, o foco é verificar quais pontos chamaram mais a atenção, a rapidez do movimento ocular, dentre outras referentes ao olhar.

De uma forma geral, segundo Zagermann *et al.* (2016), esses dados são categorizados com base nos seguintes indicadores:

- **Fixação:** refere-se à estabilização do olhar em um ponto específico ou AOI, no decorrer de um período mínimo, entre 200 e 300 milissegundos (SHARAFI et al., 2015). A captura de informações e o processamento cognitivo ocorrem durante essas fixações (BUSJAHN et al., 2015). Logo, essa medida é fundamental para a identificação da área de maior interesse do usuário;
- **Sacada:** refere-se a troca de olhar entre as fixações, movimento que ocorre de forma muito rápida, com duração entre 30 e 80 milissegundos, possibilitando a medição da velocidade e comprimento. Esses movimentos são chamados de *scan-paths*, também considerados um tipo específico de sacada;
- **Scan-path** (ou *visual path*): trata-se de caminhos formados pelas sacadas, em ordem cronológica, entre séries de fixações ou visitas as AOIs (SHARAFI et al., 2015).

Na Figura 4, pode-se observar o movimento ocular, onde as fixações são representadas pelos círculos numerados e a sacada pela linha azul existentes entre as fixações. Já a AOI é sinalizada pela proximidade das fixações. Segundo Kagdi (2007), a dimensão de uma fixação (*e.g.*, área do círculo) é medida pelo tempo de duração da fixação.

Figura 4. Exemplo de um movimento ocular.



Fonte: Dogusoy-taylan e Cagiltay (2014).

Nesta dissertação são analisados os movimentos oculares dos participantes, usando rastreamento ocular, em um *quasi*-experimento, envolvendo realização de tarefas requeridas em modelos de processos com ou sem diretrizes de *layout*. A configuração do dispositivo de rastreamento ocular utilizado para execução desse *quasi*-experimento, está descrita no Apêndice G deste documento, visando uma possível replicabilidade deste trabalho em estudos futuros.

## 2.9 ELETROENCEFALOGRAMA

O cérebro se constitui por bilhões de células interligadas e por trilhões de sinapses (TOKUHAMA-ESPINOSA, 2015). A sinapse, segundo Lent (2010), é um chip-biológico onde se realizam as computações dos circuitos neurais, ocorrendo filtros, amplificação, adição e os bloqueios. O ser humano é capaz de ser seletivo nas informações que considera importante e, por meio da atenção, focar em determinado momento e se desconcentrar em outros, sendo o sistema nervoso responsável por essa seleção através de mecanismos orgânicos e biológicos (CONSENZA, 2011).

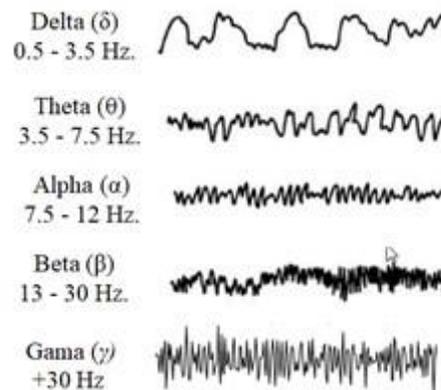
Segundo Chen (2014), o sinal fisiológico é a medida mais eficaz como sinal de atenção. O avanço da tecnologia de captação e processamento de sinais fisiológicos possibilitam a coleta de dados precisos de ondas cerebrais (REBOLLEDO-MENDEZ et al., 2009), sendo o eletroencefalograma (EEG) o método de medida desses sinais, capaz de medir essas ondas geradas dentro do cérebro e diferenciá-las, medindo a sua intensidade (BOS et al., 2020).

Neste contexto, as ondas cerebrais são atividades elétricas, que podem ser medidas com o auxílio de um aparelho de EEG, geradas por disparos de neurônios no cérebro. Cada um desses neurônios entra em contato com dez mil outros neurônios (TOKUHAMA-ESPINOSA, 2008). A frequência do ritmo da atividade elétrica atuando dentro das áreas do cérebro é

capturada por bandas de ondas medidas por segundo, ou Hertz, que estão associadas ao estado psicológico (POSNER, 2019).

Divididas em bandas de frequência (ver Figura 5), as ondas cerebrais são denominadas, segundo Marques (2019), em: *delta* ( $\delta$ , 0.5-3.5), *teta* ( $\theta$ , 3.5-7.5), *alpha* ( $\alpha$ , 7.5-12 Hz), *beta* ( $\beta$ , 13-30 Hz) e *gamma* ( $\gamma$ , +30 Hz).

Figura 5. Ondas cerebrais e suas frequências.



Fonte: Adaptado de MARQUES (2019).

Os estados de consciência são os vários estágios/estados pelos quais a mente pode passar em um dia, desde relaxado ou alerta. Esses estágios/estados são definidos pela frequência alcançada e, a partir disso, atinge-se alguns estágios/estados mentais. O Quadro 7 sintetiza os tipos de ondas, as respectivas frequências e suas descrições.

Quadro 7. Ondas cerebrais e suas frequências.

TIPO DE ONDA	FREQUÊNCIA	ESTADO MENTAL
Delta	0,5 – 3,5 Hz	Sono profundo, meditação.
Theta	3,5 – 7,5 Hz	Pensamento criativo, estresse, estado de hipnose.
Alpha	7,5 – 12 Hz	Relaxamento e calma.
Beta	13 – 30 Hz	Precisão visual e coordenação.
Gamma	+30 Hz	Alerta, agitação, gestão das informações.

Fonte: Marques (2019).

Vários estudos já utilizaram essas bandas de frequência para mapear os estados cognitivos e/ou emocionais dos sujeitos experimentais (GEVINS et al., 1998; GEVINS; SMITH, 2003; MURUGAPPAN et al., 2009). Outros autores (MURUGAPPAN et al., 2009) associaram bandas de frequência à carga de trabalho mental (CTM) que se conceitua como a quantidade de trabalho mental ou esforço exercido pelo indivíduo para executar uma determinada tarefa (BENEDETTO et al., 2011).

Segundo Gevins *et al.* (1998), Andreassi (2000), Smith e Gevins (2005), quando o indivíduo se encontra em um estado relaxado ocorre a onda *alpha*, contudo essa onda desaparece ou diminui significativamente a amplitude à medida que a atividade física ou mental

aumenta. Essa diminuição da onda *alpha* implica em aumento no nível de atenção e na CTM. Logo, quanto maior o nível de atividade mental ou física, a onda *alpha* tende a diminuir a sua amplitude ou mesmo desaparecer (ANDREASSI, 2010). Sobre a onda *gamma*, ela ocorre inversamente proporcional a onda *alpha*, ou seja, amplitude aumenta quando o nível de atenção e a CTM aumenta (ANDREASSI, 2010).

Neste estudo, propõe-se verificar a influência das diretrizes de *layout* em modelos de processos, no contexto BPMN, em relação à compreensibilidade, utilizando um dispositivo de EEG para capturar as ondas cerebrais de cada participante ao realizar tarefas durante o *quasi*-experimento, mais especificamente, observar o nível de atenção ou meditação (distração), em relação à exatidão, ou erro apresentado nas respostas dos participantes ao realizar tarefas referentes ao questionário de exatidão com ou sem diretrizes de *layout*. A CTM corrobora a análise realizada no contexto desta pesquisa em relação às ondas *alpha* ( $\alpha$ ) e *gamma* ( $\gamma$ ), especificamente estudadas nesta pesquisa.

O dispositivo EEG adotado no *quasi*-experimento aqui apresentado pode ser observado no Apêndice H deste documento.

## 3 TRABALHOS RELACIONADOS

---

Nesta seção são apresentados alguns trabalhos similares ao abordado nesta pesquisa, observando-se fatores que impactam na compreensibilidade dos modelos de processos, preocupando-se com *layouts* desses modelos, assim como o uso de sensores biométricos dentro desse contexto.

De uma forma geral, os estudos literários encontrados abordam sobre fatores relacionados à compreensão dos modelos de processos, tais como a influência da complexidade do modelo (REIJERS et al., 2011), revisão sistemática da literatura sobre compreensão de modelos de processos (DIKICI, et al., (2018), notação secundária (SCHREPFER et al., 2009), estabelecimento de diretrizes de *layout* para modelos de processos (LÜBKE et al., 2021) e estudo de diretrizes de *layout* com uso de rastreamento ocular (PETRUSEL et al., 2016). Os respectivos estudos resultaram em desenvolvimento e recomendações de diretrizes, fundamentadas em estudos empíricos.

Para facilitar, esta seção foi segmentada em: compreensão de modelos de processo, diretrizes de modelagem de processos e, por fim, estudos relacionados ao uso de sensores biométricos para analisar a compreensão desses modelos.

### 3.1 Compreensão de Modelos de Processos

#### 3.1.1 Reijers e Mendling (2011)

Nesse estudo os autores abordam sobre os fatores que influenciam na compreensão dos modelos de processos, especificamente fatores de modelos, que estão relacionados às características do próprio modelo (*e.g.*, estruturação) e fatores pessoais, que se referem às características dos leitores desses modelos (*e.g.*, formação educacional, percepção em relação aos modelos). Tendo como objetivo verificar se esses fatores influenciam na compreensibilidade, os autores usaram alunos de três universidades diferentes para responder um questionário avaliando um conjunto de modelos de processos do mundo real, no intuito de investigar relações hipotéticas entre os fatores de modelo e os fatores pessoais. Os resultados desse estudo indicaram que ambos os fatores têm influência na compreensibilidade, sendo o fator pessoal o mais impactante entre os dois.

### 3.1.2 Dikici, Turetken e Demirors (2018)

Neste estudo foi realizado uma revisão sistemática da literatura, realizada no período de 1995 a 2015, a fim de entender com mais propriedade, o estado da arte sobre a compreensão dos modelos de processos e identificar lacunas para futuras pesquisas neste contexto. No período selecionado foram encontrados, preliminarmente, 1.066 publicações e dessas foram selecionadas 45 para uma análise mais aprofundada.

O trabalho desses autores teve como objetivo identificar, analisar e categorizar os fatores que influenciam na compreensibilidade dos modelos de processo estudados na literatura usando métodos empíricos. Além disso, foram analisados também indicadores voltados à compreensibilidade desses modelos, constatando que os indicadores mais encontrados para mensurar a compreensibilidade dos modelos de processo foi a eficiência e a eficácia.

Os autores concluem seu trabalho afirmando que apesar da vasta literatura sobre fatores que influenciam na compreensão dos modelos de processo, ainda se tem muito a pesquisar acerca desse assunto, além da necessidade de crescimento em maturidade com mais estudos empíricos. Porém, cabe ressaltar que em função dos critérios de inclusão e exclusão definidos para essa pesquisa, pode ter ausência de algum estudo importante, porém não descrito devido aos critérios já mencionados.

## 3.2 Diretrizes de Modelagem de Processos

### 3.2.1 Schrepfer, Wolf, Mendling e Reijers (2009)

Nesta pesquisa os autores propõem um conjunto de proposições sobre os impactos da notação secundária em relação ao *layout* na compreensão de modelos de processos. Neste contexto, notação secundária se refere às alterações na aparência visual de um modelo, mas que não mudam a sua estrutura lógica e interpretação semântica (PETRUSEL et al., 2016). Essa notação possibilita que especialistas em modelagem de processos foquem nos elementos gráficos relevantes, desconsidere as informações irrelevantes e reconheçam padrões.

Para investigar o impacto do *layout* gráfico nos modelos de processos em relação à compreensibilidade, os autores usaram dois modelos estruturalmente iguais, porém com *layout* diferente. Em primeira instância foi observado a leitura gráfica, que determina a capacidade de leitura de um modelo de processos de negócio, identificando os elementos gráficos e as pistas

visuais, que não fazem parte de uma notação formal, chamadas de segunda notação (PETRE, 1995), pois vão além da própria notação apresentada no modelo, além de interpretar o modelo a partir dos elementos gráficos da notação que o modelou, realizando assim o reconhecimento de padrões. Neste contexto, foi constatado que ambos os aspectos contribuem para a compreensão dos modelos.

Em segunda instância, foi observado a experiência em modelagem de processos, considerando-se que o tema especialização tem sido abordado e confirmado como influência significativa na compreensão de modelos de processos, segundo Mendling e Strembeck (2008) e outros autores (Mendling et al., 2007). Em contraponto, esta pesquisa destaca o aspecto das competências e habilidades individuais e não apenas quantidade de conhecimento e experiência teórica e prática. Uma conclusão geral deste estudo é que a compreensão dos modelos de processos é afetada pelo *layout* gráfico e que este efeito é percebido tanto para especialistas como para novatos, contudo de forma mais evidente em novatos.

### 3.2.2 Lübke, Ahrens e Schneider (2021)

Este estudo teve como objetivo determinar diretrizes de *layout* para modelagem de processos de negócio que possam contribuir para que os modeladores construam modelos que possibilitem uma melhor compreensibilidade. Os autores realizaram um experimento controlado, com 21 desenvolvedores de software profissionais, usando rastreamento ocular, para captar os dados desses desenvolvedores, com o propósito de investigar e caracterizar o impacto da rolagem e do *layout* do diagrama em relação a compreensão, foram analisadas diferentes direções de *layout* (horizontal e vertical) rolagem (diagrama requer rolagem ou não) e dois *layouts* bidimensionais (*layouts* que quebram horizontalmente em uma nova linha de formas BPMN) que podem ser usados para criar um diagrama grande em uma única página.

Diferenças significativas foram encontradas na carga cognitiva exigida, para a qual um *layout* horizontal pontuou melhor do que um *layout* vertical. Se um modelo BPMN se tornar muito grande, *layouts* mais complexos, como *layouts* de cobra e multilinha, reduzem o tempo necessário para dar respostas a um modelo em comparação com um modelo grande que requer rolagem horizontal extensa. Foi concluído, também, que os elementos BPMN são lidos com mais intensidade se forem necessários para a tarefa em questão e são lidos com mais frequência se forem colocados na primeira tela. Nos diagramas relativamente pequenos, não foram

encontradas diferenças na compreensão desses diagramas quando eles precisam ser rolados em uma direção, mas não exigem rolagem quando dispostos de maneira diferente.

### **3.3 Sensores Biométricos**

#### **3.3.1 Petrusel, Mendling e Reijers (2017)**

Neste estudo, os pesquisadores investigaram os efeitos da notação secundária, representada pela coloração e *layout* dos modelos, na compreensibilidade dos modelos de processo. Para analisar o impacto dessa notação secundária na cognição dos processos, foi realizado um experimento utilizando um dispositivo de rastreamento ocular. O experimento contou com a participação de setenta e dois profissionais experientes da indústria e da academia.

No experimento foram formados dois grupos de participantes: o primeiro grupo visualizou modelos com modificação nas cores e no *layout*, enquanto o segundo grupo utilizou modelos sem cores e com um *layout* padrão. A coloração e o *layout* foram testados em quatro modelos diferentes, sendo apresentados na mesma sequência para todos os participantes.

Os resultados obtidos indicaram uma relevância estatística que aponta que dicas ou pistas visuais podem contribuir para a melhoria da compreensão dos modelos de processo, especialmente quando há coloração destacando as partes relevantes dos modelos.

### **3.4 Diferencial desta Pesquisa**

Esta pesquisa se difere dos demais estudos apresentados nesta subseção, no que tange as diferentes diretrizes de *layout* analisadas; a utilização de um experimento com dois tipos diferentes de sujeitos experimentais: acadêmicos e profissionais e, além do rastreamento ocular, foi usado o eletroencefalograma para captar dados das ondas cerebrais dos participantes ao realizarem tarefas relacionadas ao *quasi*-experimento.

## 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

---

Uma pesquisa científica tem como finalidade obter compreensões aprofundadas acerca de um determinado problema. Neste contexto, ela sempre requer um planejamento detalhado das etapas a serem observadas, como seleção do tema de pesquisa, definição do problema a ser investigado, processo de coleta, análise e tratamento dos dados e apresentação dos resultados (MARCONI; LAKATOS, 2004). Logo, é possível perceber que o conhecimento científico exige certo grau de formalidade para sua obtenção, pois diferente do conhecimento de senso comum, ele não pode ser entendido apenas como um simples processo investigativo ou um método simplório de inquirição.

Como afirma Fonseca (2002), o conhecimento científico é adquirido por meio de procedimentos sistemáticos, que têm por objetivo descobrir, explicar e compreender os fatos que estão inseridos ou que compõem uma determinada realidade (PRODANOV; FREITAS, 2013). Torna-se fundamental a apresentação desses procedimentos sistemáticos, que viabilizaram a aquisição do conhecimento tido como científico (GIL, 2008), visando assegurar o nível de cientificidade da pesquisa e o rigor metodológico (COOPER; SCHINDLER, 2003), além de facilitar o entendimento e a replicação dos resultados.

Conforme já explicitado anteriormente, o objetivo desta dissertação é observar, sob a perspectiva cognitiva, se as diretrizes de *layout* exercem influência na compreensão dos modelos de processos em BPMN, quando comparado com um modelo sem diretrizes de *layout*. Sendo assim, faz-se necessário a definição de um procedimento metodológico que seja adequado ao objetivo, o qual envolve o posicionamento epistemológico, natureza e abordagem de pesquisa, métodos de pesquisa e técnicas de coleta e análise de dados.

### 4.1 POSICIONAMENTO EPISTEMOLÓGICO

As questões ligadas aos procedimentos metodológicos de pesquisa são inerentes às posturas epistemológicas, que fundamentam uma rede de pressupostos ontológicos de natureza humana que devem definir o ponto de vista do pesquisador (RICHARDSON, 1999). Neste sentido, esta pesquisa optou pela posição convencional, a qual se notabiliza por ser a base do positivismo lógico (DUTRA, 2010) e sinaliza que é necessário observar os fatos através dos sentidos e a partir disto formular generalizações que governam os fenômenos observados.

De acordo com o positivismo, a realidade é formada por partes isoladas (RUSSEL, 2005), que estabelecem relações entre fatos explicativos (MARTINS, 1994), pois o seu único objetivo é descobrir as relações existentes entre esses fatos. Neste contexto, dois princípios devem ser respeitados em pesquisas científicas desta natureza: a objetividade e a neutralidade (COMTE, 1978). O primeiro retoma a aproximação com a verdade; já o segundo com o entendimento de que a objetividade na ciência seja capaz de superar a subjetividade do pesquisador. Corroborando com esse fato, Myers (2005) ressalta que os positivistas assumem que a realidade é um dado objetivo (objetividade) e pode ser descrita por propriedades mensuráveis que são independentes do observador (neutralidade). Portanto, o rigor metodológico nessa abordagem deve traduzir exatidão, universalidade e independência do pesquisador.

Como explicam Guba e Lincoln (1994), a abordagem pós-positivista é uma evolução do positivismo, repulsando a postura realista ingênua, que acredita na possibilidade de acesso direto à realidade em si. Mesmo preservando a ideia da existência do mundo objetivo, dirigido por leis naturais, aceita-se que é impossível que os seres humanos percebam a realidade com os seus mecanismos sensoriais e intelectuais. Logo, o pós-positivismo transigiu rumo a epistemologia objetivista do tipo crítico, no sentido de tomar a objetividade como ideal regulatório, ao admitir que só aproximadamente é possível alcançá-la (DENZIN; LINCOLN, 2006).

Assim, uma vez que lida com uma realidade objetiva, formada pelos modelos BPMN, e outra subjetiva, que são os usuários que utilizam esses modelos, de acordo com suas necessidades informacionais, a presente pesquisa posiciona-se epistemologicamente numa visão pós-positivista.

## **4.2 NATUREZA E ABORDAGEM DA PESQUISA**

A natureza de pesquisa pode ser classificada em exploratória, descritiva e explicativa, conforme seus objetivos (CHURCHILL JR., 2012). A pesquisa de natureza exploratória trata de se aprofundar conceitos preliminares, muitas vezes inéditos, numa visão na qual os pesquisadores não têm uma ideia clara e precisa do fenômeno sob investigação (COOPER; SCHINDLER, 2003). Como afirma Richardson (1999), as pesquisas desta natureza objetivam a aproximação do pesquisador com o fenômeno, para que sejam identificadas as características e especificidades do tema a ser explorado. Vergara (2003) avalia que a investigação exploratória é realizada em áreas nas quais há pouco conhecimento acumulado e sistematizado. Do mesmo

modo, Hair Jr. *et al.* (2007) orientam que a pesquisa exploratória é útil quando as questões de pesquisa são vagas ou quando há pouca teoria disponível para orientar as previsões.

Em contraste com os estudos exploratórios, a pesquisa descritiva é normalmente estruturada em um formato onde são usuais hipóteses ou questões investigativas, sendo essas claramente declaradas (COOPER; SCHINDLER, 2003). Assim, em um estudo descritivo o pesquisador tenta descrever ou definir um assunto concentrando sua atenção no porquê observar certa distribuição, atentando ao seu significado, ou seja, não se pretende explicar as diferenças, mas descrevê-las e associá-las à grupos de respondentes (RICHARDSON, 1999).

Já a pesquisa explicativa é considerada aquela que testa uma teoria e suas relações causais. Ela caracteriza-se por sua tentativa de tornar o objeto estudado inteligível (VERGARA, 2003) e para isso busca justificar os motivos que fazem com que um determinado fenômeno surja ou aconteça, esclarecendo as suas causas bem como suas consequências a partir de um planejamento e controle rigoroso das variáveis. Conforme Richardson (1999) e Cooper e Schindler (2003), a pesquisa explicativa tem como preocupação central identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos, buscando apontar as suas causas e responder o porquê e como se dá a sua ocorrência. Quando realizada nas ciências naturais, requer o uso do método experimental; já nas ciências sociais requer o uso do método observacional (VERGARA, 2003).

A presente pesquisa, quanto à sua natureza, classifica-se como exploratória e descritiva, pois visa buscar o aprofundamento do conhecimento conceitual relacionado ao tema em questão (CHURCHILL JR, 2012), buscando originalmente desenvolver o estudo por meio de pesquisas bibliográficas e com a realização de um *quasi*-experimento para validação empírica. Além do mais, o estudo envolve a descrição das características desse fenômeno a partir de uma determinada população (GIL, 2008), buscando estabelecer relações entre as variáveis (VERGARA, 2004), sendo por isto tachável como descritiva.

### **4.3 MÉTODO DE PESQUISA**

Segundo Creswell (2010), um método de pesquisa visa estabelecer padrões a serem utilizados nas fases do estudo, sendo definido como um conjunto de técnicas adequadas para entender os fenômenos estudados. Através do método científico se define o modo de proceder do pesquisador ao longo de um percurso, de forma ordenada, explícita e regular para alcançar um objetivo. Assim, a característica distintiva do método é ajudar a compreender, no sentido

mais amplo, não os resultados da investigação científica, mas o próprio processo de investigação. Os vários métodos científicos podem ser enquadrados em duas principais vertentes, sendo elas: qualitativos e quantitativos. O método qualitativo preocupa-se com um nível de realidade que não pode ser quantificada, trabalhando com um universo de significados tais como: motivações, aspirações, crenças, valores e atitudes (MINAYO; SANCHES, 1993). Neste contexto, este método utiliza-se de muitas técnicas de coleta e análise para investigação, com diferentes tipos de suposições, como, *e.g.*, entrevistas, observação, análise de conteúdo *etc.*

Por outro lado, as pesquisas quantitativas impõem, segundo Richardson (1999), uma estrutura predeterminada ao respondente, diminuindo a heterogeneidade da coleta dos dados e, assim, proporcionando mais confiabilidade aos resultados. Conforme o referido autor, os métodos quantitativos trabalham com amostras mais amplas, fornecendo dados mais precisos e são indicados quando já se tem mais informações sobre o problema a ser estudado. Esse método representa, em princípio, a intenção de garantir a precisão dos resultados, evitando distorções de análise e interpretação, possibilitando, conseqüentemente, uma margem de segurança quanto às inferências.

Seguindo essas percepções, esta pesquisa optou em adotar uma estratégia com métodos mistos, em que o seu objetivo principal está em observar se um modelo, com as diretrizes de *layout*, exercem influência na compreensão dos modelos de processos em BPMN, quando comparado com um modelo sem as diretrizes de *layout*. Uma abordagem de métodos mistos, por sua vez, potencializa os pontos fortes tanto da pesquisa quantitativa quanto da qualitativa, por meio de diferentes visões de mundo e suposições, a fim de proporcionar uma compreensão mais ampla e profunda do fenômeno sob investigação (CRESWELL, 2013).

## 4.4 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa deve ser selecionada considerando a questão e os objetivos da pesquisa, pois são essas características que definem a atuação do pesquisador no campo empírico. Nesta pesquisa, em especial, é discutida a estratégia de um *quasi*-experimento, onde os participantes vão executar tarefas de compreensão realizadas em modelos de processos com diretrizes de *layout* e sem diretrizes de *layout*. Segundo Wohlin *et al.* (2012), um *quasi*-experimento é uma investigação empírica, onde apenas se emerge as características dos próprios participantes. Ou seja, não há nenhuma atribuição randômica de tratamento dos participantes.

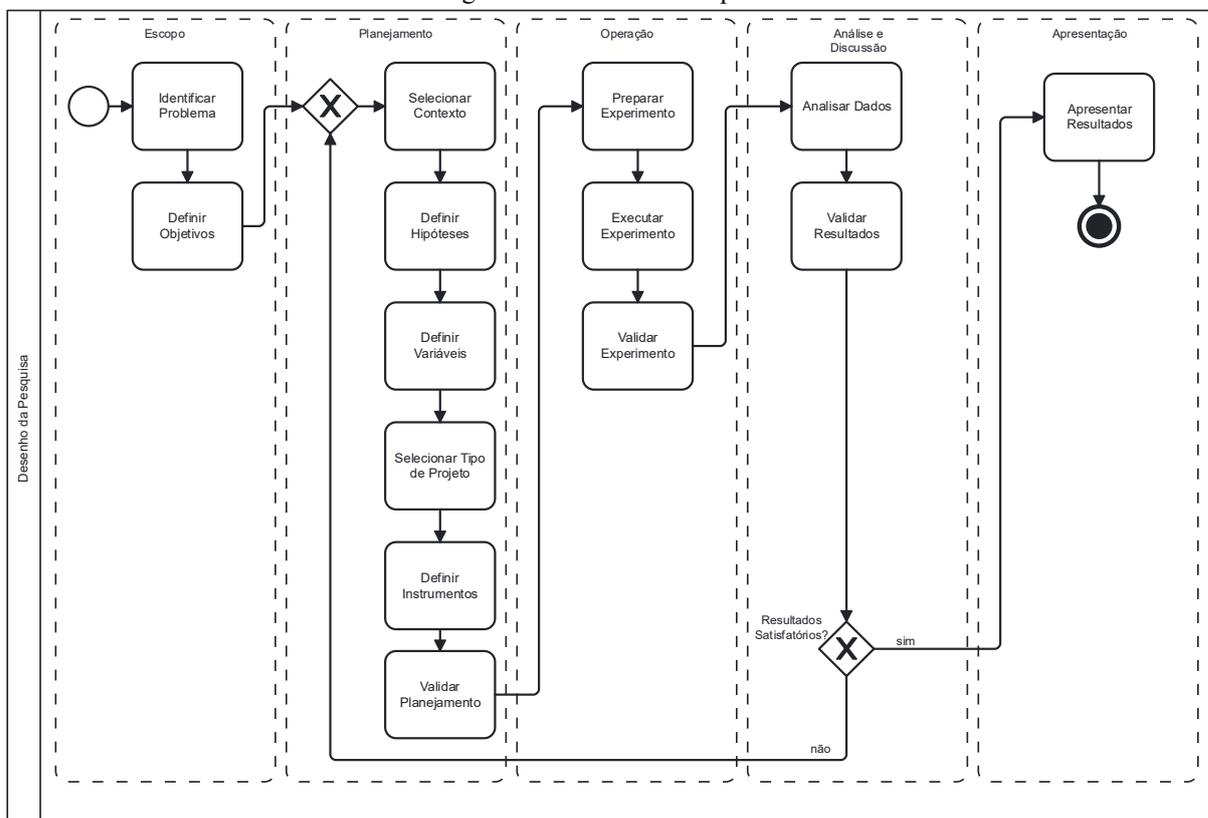
Assim, o objetivo deste *quasi*-experimento foi verificar se a compreensão dos modelos de processo pode ser ou não facilitada pelo seu *layout*. Mais especificamente, o objetivo aqui pretendido foi observar se as diretrizes de *layout* exercem alguma influência na compreensão dos modelos de processos em BPMN, sob a perspectiva cognitiva, quando comparado com um modelo sem as diretrizes de *layout*.

Em sequência, para que esta pesquisa metodológica atinja seu objetivo de contribuir com o instrumental científico, é necessário apresentar como se deu a sua operacionalização sendo o próximo passo apresentar o seu desenho de pesquisa.

## 4.5 DESENHO DA PESQUISA

O desenho da pesquisa representa a esquematização da ordem lógica a ser seguida durante uma investigação (MARCONI; LAKATOS, 2000). De forma esquemática, ele ilustra as atividades para o desenvolvimento da pesquisa, que foi aqui definida como descritiva e exploratória, estruturada em um *quasi*-experimento. Assim, como um guia para a sequência desta investigação segue o seu desenho de pesquisa, apresentado na Figura 6.

Figura 6. Desenho da Pesquisa.



Fonte: Adaptado de Wohlin *et al.*, (2012).

As atividades apresentadas na Figura 6 estão devidamente destacadas na próxima seção, que descreve em detalhes o *quasi*-experimento aqui idealizado.

## 5 QUASI-EXPERIMENTO

---

Após a definição dos procedimentos metodológicos, um *quasi*-experimento, como já ressaltado, foi planejado e executado com o objetivo de identificar indícios sobre a compreensão dos modelos de processo em BPMN a partir do seu *layout*. Em particular, o objetivo foi obter indícios de que a aplicação das diretrizes de *layout* pode trazer benefícios em relação à compreensão dos modelos de processos em BPMN. Assim, nesta seção é apresentado o ciclo de vida da realização desse *quasi*-experimento, seguindo as fases sugeridas por Wohlin *et al.* (2012), que foram realizadas para alcançar os objetivos deste estudo; assim como, responder à questão de pesquisa, outrora já apresentada.

### 5.1 ESCOPO

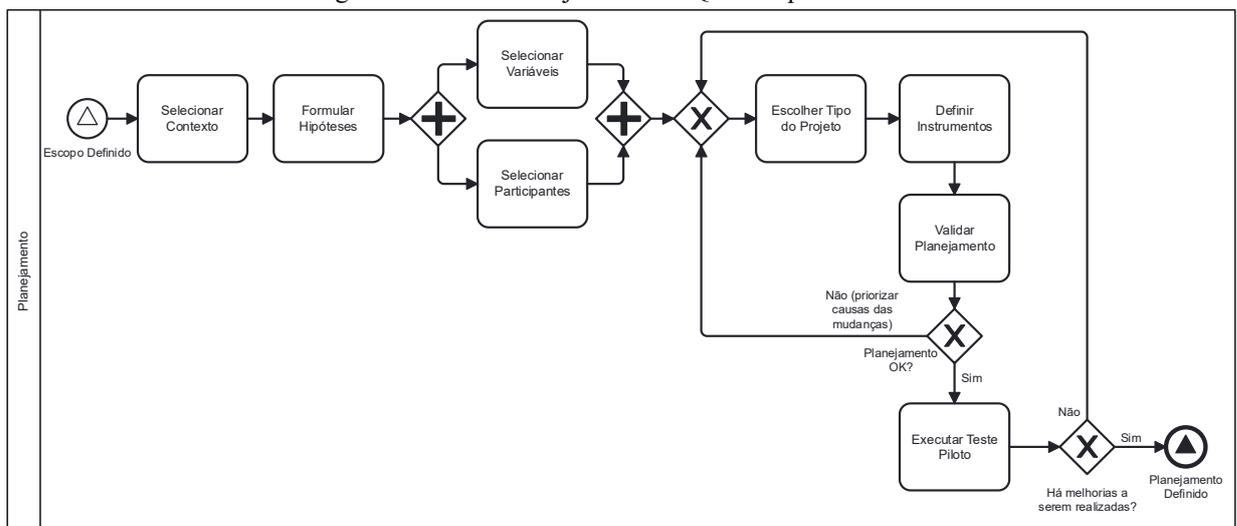
Como já ressaltado, o objetivo deste estudo foi verificar se a escolha de um *layout* adequado para os modelos BPMN é uma questão relevante mesmo para os projetistas que conhecem, acertadamente, os elementos gráficos de uma linguagem. Mais especificamente, este estudo queria observar se a presença das diretrizes em um modelo BPMN exerce algum tipo de influência na compreensão dos modelos, quando comparada ao mesmo modelo sem a presença dessas diretrizes. Neste ponto, é interessante destacar que este estudo, desenvolvido sob a ótica da pesquisadora, envolveu 42 participantes, entre eles: profissionais e estudantes de pós-graduação na área de gestão de processos. Para tal, foi utilizando dois modelos de processos em BPMN com o mesmo propósito, sendo um deles com as diretrizes de *layout* e o outro sem as diretrizes.

Assim, o escopo do estudo foi analisar o efeito da aplicação das diretrizes de *layout* nos modelos de processos em BPMN; com o propósito de caracterizar a compreensão desses modelos; referente à comparação dos modelos com e sem as diretrizes; do ponto de vista da pesquisadora; no contexto de profissionais e pós-graduandos na área de gestão de processos, interpretando os respectivos modelos.

## 5.2 PLANEJAMENTO

Seguindo os princípios de Wohlin *et al.* (2012), a etapa de planejamento foi dividida em oito atividades que estão apresentadas a seguir, sendo elas: *Selecionar Contexto*, *Formular Hipóteses*, *Selecionar Variáveis* (independentes e dependentes), *Selecionar Participantes*; *Escolher Tipo do Projeto*, *Definir Instrumentos*, *Validar Planejamento* e *Executar Teste Piloto*. A Figura 7 ilustra essas fases de planejamento.

Figura 7. Fase de Planejamento do Quasi-experimento.



### 5.2.1 Selecionar Contexto

Este estudo constituiu em uma atividade de leitura e interpretação de um modelo BPMN, realizado em ambientes controlados pela pesquisadora. Sobre os ambientes, eles eram salas de aula ou de reunião, com permissão restrita de acesso; sendo liberados apenas para dois pesquisadores e um participante da vez. Neste ponto, é interessante salientar que todos os cuidados necessários, em conformidade com os protocolos de vigilância sanitária, foram tomados em relação à COVID-19.

Assim, após o participante entrar na sala, mediante uma explanação inicial do experimento, ele era apresentado à carta de consentimento (ver Apêndice A); pois, só após o seu consentimento ele era conduzido às outras etapas. Assim, dando continuidade, o participante tinha que responder um questionário sociocultural (ver Apêndice B). Após o término do preenchimento desse questionário, o participante era apresentado ao ferramental utilizado, sendo ele: o modelo propriamente dito (com ou sem as diretrizes de *layout*), o *Eye*

*Tribe Tracker* (ver seção 5.2.6.3) e o *Neurosky Mindwave* (ver seção 5.2.6.4). Com o término dessa apresentação, e com o participante devidamente equipado, ele iniciava a sua avaliação ao modelo, tendo que responder 14 questões referentes à exatidão do modelo que ele estava avaliando. Assim, se os participantes estivessem avaliando o modelo com as diretrizes, eles respondiam o questionário de exatidão com as diretrizes (ver Apêndice C); caso contrário, eles respondiam o questionário sem as diretrizes (ver Apêndice D). Por fim, após o participante ter respondido o questionário de exatidão, ele era apresentado ao questionário de facilidade, que também eram correspondentes ao tipo de modelo avaliado pelo participante, sendo os tipos: com as diretrizes (ver Apêndice E) ou sem (ver Apêndice F). Os modelos BPMN com e sem as diretrizes de *layout*, utilizados na realização deste *quasi*-experimento estão devidamente apresentados na seção 5.2.6.1 (Modelos BPMN).

## 5.2.2 Formular Hipóteses

Tendo como base o objetivo desta investigação, foi utilizado o conceito da eficácia cognitiva para atingi-lo, que segundo Moody (2009), é determinada pela exatidão, velocidade e facilidade que os modelos de processos são compreendidos por seus *stakeholders*. Logo, o objetivo aqui proposto era avaliar a exatidão, a velocidade e a facilidade com que um modelo BPMN, estando ele com ou sem as diretrizes de *layout*, são processados cognitivamente por um participante.

Neste contexto, para a questão de pesquisa, outrora apresentada, duas hipóteses correspondentes foram aqui definidas: a hipótese nula ( $H_0$ ) e a hipótese alternativa ( $H_1$ ), sendo elas divididas em três sub-hipóteses:

1. **Hipótese nula**, que deve determinar se a compreensão dos modelos não é influenciada pelas diretrizes; ou seja, não há diferença em usar ou não as diretrizes de *layout*. Logo,
  - $H_0$ : a utilização das diretrizes de *layout* não tem influência na compreensão dos modelos de processos em BPMN.
    - $H_{0-Exatidão}$ : a utilização das diretrizes de *layout* não tem influência na exatidão da compreensão dos modelos de processos em BPMN;
    - $H_{0-Velocidade}$ : a utilização das diretrizes de *layout* não tem influência na velocidade da compreensão dos modelos de processos em BPMN;

- ***H<sub>0</sub>-Facilidade***: a utilização das diretrizes de *layout* não tem influência na facilidade da compreensão dos modelos de processos em BPMN.
2. **Hipótese alternativa**, que deve contrapor a nula, evidenciando que a compreensão de um modelo de processos em BPMN é influenciada pelas diretrizes de *layout*; ou seja, há diferença em usar as diretrizes de *layout*. Logo,
- ***H<sub>1</sub>***: a utilização das diretrizes de *layout* tem influência na compreensão dos modelos de processos em BPMN.
    - ***H<sub>1</sub>-Exatidão***: a utilização das diretrizes de *layout* tem influência na exatidão da compreensão dos modelos de processos em BPMN;
    - ***H<sub>1</sub>-Velocidade***: a utilização das diretrizes de *layout* tem influência na velocidade da compreensão dos modelos de processos em BPMN;
    - ***H<sub>1</sub>-Facilidade***: a utilização das diretrizes de *layout* tem influência na compreensão da compreensão dos modelos de processos em BPMN.

Em consonância com a definição das hipóteses, foram especificadas as variáveis independentes e dependentes, que permearam a construção e realização deste *quasi*-experimento com o tratamento de causa e efeito, conforme demonstrado na subseção seguinte.

### 5.2.3 Selecionar Variáveis

Segundo Marconi e Lakatos (2000), variável independente é aquela que influencia ou impacta em outra variável. Ou seja, é um fator de manipulação do pesquisador, a qual deve ser controlada ou alterada para testar os efeitos sobre a variável dependente, verificando quais influências ela exerce sobre um possível resultado. Sobre as variáveis dependentes, os mesmos autores as definem como variáveis a serem descobertas e que variam a partir de introduções ou alterações das variáveis independentes, feitas pelo pesquisador através de observações. Corroborando com essas definições, Cooper e Schindler (2011) afirmam que variáveis independentes são manobradas pelo pesquisador para gerar efeitos nas variáveis dependentes e que essas, são alteradas conforme recebimento de estímulos e medidas por meio de regras e modelos previamente definidos.

Neste estudo, visando avaliar as hipóteses definidas, foram especificadas as variáveis independentes (de causa) e dependentes (de efeito) a serem observadas durante a condução

deste *quasi*-experimento. Assim, foi definido o “*layout*”, bom (com diretrizes) ou mau (sem diretrizes), como variável independente, e a “*compreensão*” como a variável dependente.

Logo, a variável dependente da hipótese  $H_{1-Exatidão}$  está relacionada à quantidade de respostas corretas respondidas pelos participantes, que utilizaram os modelos de processos com as diretrizes de *layout*, comparada aos participantes que responderam analisando os modelos de processos sem as diretrizes. Para tal, foi considerado, apenas, as regiões que continham, no mínimo uma diretriz de *layout*, comparando com, no caso de modelos sem diretrizes, a mesma região.

A variável dependente da hipótese  $H_{1-Velocidade}$  está relacionada ao tempo médio gasto pelos participantes ao responderem corretamente as questões do questionário de exatidão que estavam avaliando os modelos com as diretrizes de *layout*, comparado com o tempo médio dos participantes que responderam os questionários de exatidão dos modelos sem as diretrizes.

Sobre a variável dependente  $H_{1-Facilidade}$ , ela está relacionada à percepção de facilidade que os participantes tiveram ao responder o questionário de facilidade referente aos modelos de processos com e sem as diretrizes de *layout*. Assim, para medir essa percepção, foi utilizado uma escala do tipo *Likert*, que varia dependendo da questão de, “*muito simples*” até “*muito complexo*”, “*muito fácil*” até “*muito difícil*” ou “*discordo totalmente*” até “*concordo totalmente*” (ver Quadro 8). Essa escolha dar-se-á pela subjetividade da percepção dos participantes.

Quadro 8. Relação de Facilidade usando Tabela Tipo Likert para a Hipótese H1-Facilidade.

(a)	(b)	(c)	(d)
Muito simples	Simple	Complexo	Muito complexo
Muito fácil	Fácil	Difícil	Muito difícil
Discordo totalmente	Discordo	Concordo	Concordo totalmente

Ainda sobre o planejamento deste estudo, a próxima subseção apresenta a seleção dos participantes, que caracterizaram o fato de ser um *quasi*-experimento em detrimento de um experimento.

## 5.2.4 Selecionar Participantes

A população para a qual o pesquisador deseja disseminar os resultados dos estudos deve ser representada pelos participantes do experimento (COOPER; SCHINDLER, 2011). Segundo Creswell (2010), há vários tipos de seleção dos participantes, tais como: (i) modo aleatório, quando qualquer participante da população pode ser selecionado para fazer parte do grupo, (ii)

seleção amostral por conveniência, ou (iii) amostra não probabilística, como no caso deste estudo.

A escolha de estudantes para compor a população do *quasi*-experimento, justificou-se, pela orientação de Ávila (2018), na qual ele argumenta que estudantes tendem a estarem mais motivados a aprender e aplicar novos conhecimentos, além de não se restringirem a replicarem aprendizados adquiridos por experiência de trabalho prévio. Adicionalmente, a escolha também de profissionais, considerou a orientação de Wohlin *et al.* (2012), sinalizando a relevância de profissionais experientes em modelagem de processos já que este fator é determinante na compreensibilidade dos modelos de processo.

Em contraponto, de acordo com Gemino e Wand (2004), profissionais experientes e com propriedade nas tarefas a serem executadas, ao mesmo tempo que refletem condições mais realistas, podem apresentar algum grau de discrepância de conhecimento, ocasionando possivelmente uma alta variância nos resultados.

Dento deste contexto, a composição do grupo de participantes para realização deste *quasi*-experimento tinha que respeitar uma condição *sine qua non*: o conhecimento do BPMN na modelagem de processos. Logo, com base nessa condição, a pesquisadora, via telefone, redes sociais, e *e-mails*, contactou 93 possíveis participantes; mas, apenas 66, de imediato, aceitaram o convite. Porém, sobre esses participantes que aceitaram, em virtude de viagens profissionais, problemas de saúde e de agenda, apenas 48 deles participaram de fato. No entanto, desses que participaram, 5 foram desconsiderados por não atenderem ao critério, definido como ideal, de calibração do *Eye Tribe Tracker*, que era de no mínimo 3 estrelas. Sobre este critério, ele está melhor detalhado na operacionalização do *quasi*-experimento. Mas, além desses participantes, um outro também não foi considerado, visto que ocorreram problemas técnicos na gravação dos seus dados biométricos. Portanto, a população do *quasi*-experimento ficou formada em definitivo por 42 participantes.

Aqui cabe destacar que a seleção desses participantes foi uma tarefa difícil. Além da pandemia, já foi citada anteriormente, exatamente na época programada para a realização deste estudo, ocorreram fortes chuvas e alagamentos em toda a região metropolitana de Recife, que inviabilizaram, em várias ocasiões, a realização, visto que a participação era sempre de forma presencial. Por isso esta amostra, com 42 participantes, foi considerada adequada em função das circunstâncias.

Ainda sobre a amostra, para obtê-la de forma mais diversificada possível, ela ocorreu em quatro instituições distintas, sendo elas:

- Uma pós-graduação vinculada a instituição de ensino superior pública;

- Uma pós-graduação vinculada a instituição de ensino superior privada;
- Uma fábrica de *software* de âmbito internacional;
- Um órgão público de âmbito Federal.

Por fim, esses 42 participantes selecionados foram distribuídos aleatoriamente da seguinte forma: 21 participantes para utilizar o modelo de processos com as diretrizes de *layout*; e, os demais, 21 participantes, o modelo de processos sem as diretrizes.

### 5.2.5 Escolher Tipo do Projeto

A seleção de um tipo de projeto é influenciada pela formulação prévia das hipóteses e pela seleção das variáveis envolvidas. Essas escolhas, por sua vez, têm impacto nas abordagens estatísticas que podem ser adotadas para analisar os resultados do experimento. Dentro desse contexto, existem três princípios gerais de projetos: randomização, bloqueio e balanceamento.

A randomização é utilizada para neutralizar qualquer efeito que poderia influenciar o experimento, garantindo que as observações sejam feitas em variáveis aleatórias e independentes. Por outro lado, o bloqueio é aplicado quando há um efeito que pode ter influência no teste, mas não é o efeito em avaliação. Nesse caso, são criados diferentes grupos dentro da amostra para bloquear o efeito indesejado. Por fim, o balanceamento que é empregado para garantir que cada grupo tenha um número igual de participantes. Isso contribui para aumentar a robustez da análise estatística, pois permite que os grupos sejam comparáveis e que as diferenças observadas sejam mais confiáveis.

Assim, no que diz respeito a este projeto, a seleção dos participantes foi realizada de forma randômica dentro do grupo de indivíduos com experiência mínima em modelagem BPMN, resultando em um grupo balanceado de 21 participantes em cada um dos grupos estudados.

Para obter uma explicação completa sobre esses diferentes tipos de projetos, recomenda-se consultar as diretrizes apresentadas por Wohlin *et al.* (2012). Essas diretrizes oferecem orientações detalhadas sobre como aplicar cada um dos princípios de projeto mencionados.

### 5.2.6 Definir Instrumentos

Segundo Lakatos e Marconi (2010), a definição dos instrumentos e dos métodos utilizados em uma pesquisa científica é fundamental, pois possibilita o discernimento de

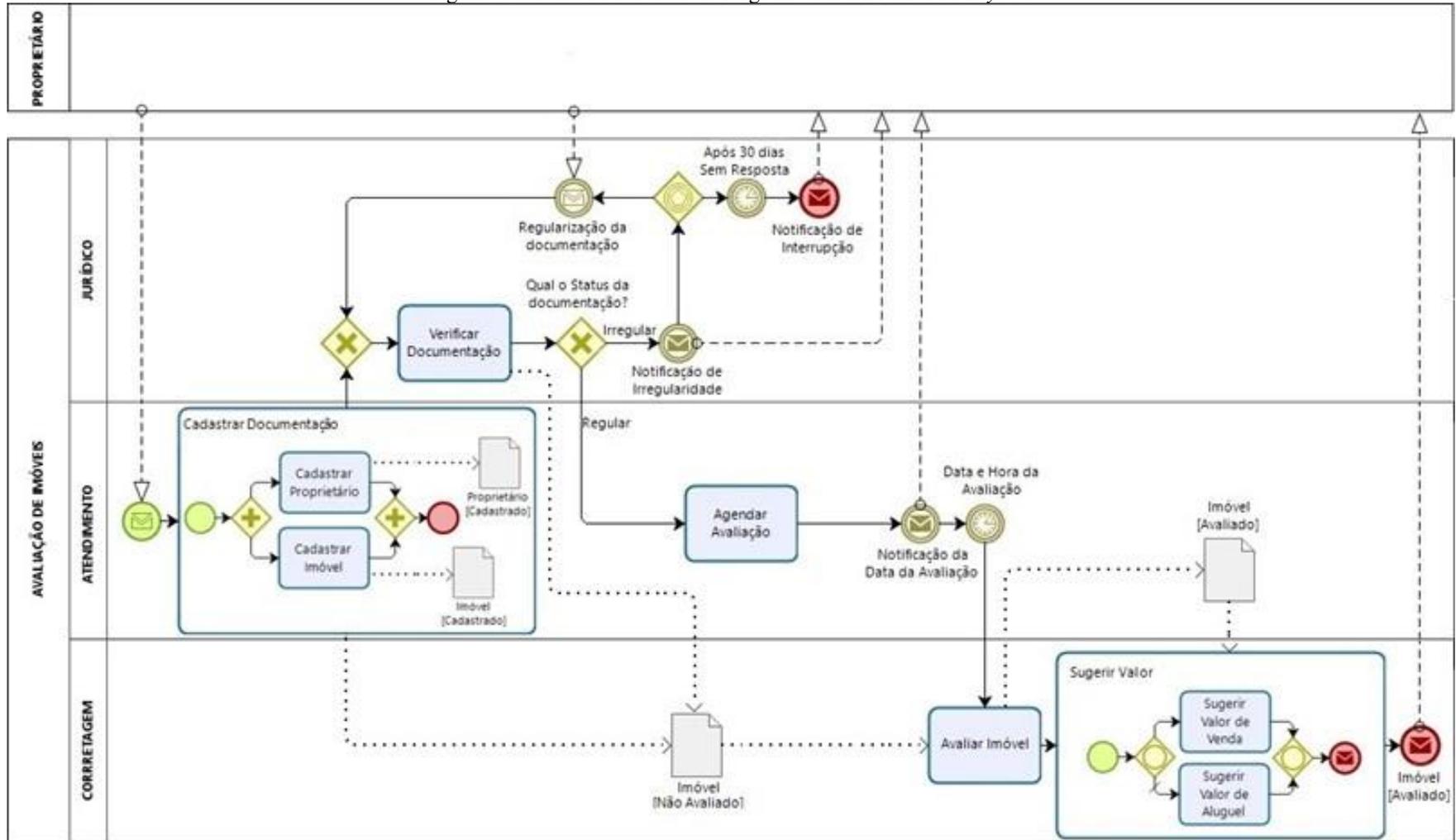
dúvidas, permitindo que a mesma possa ser replicada com sucesso. Assim, as subseções subsequentes detalham os instrumentos que foram utilizados nesta pesquisa.

### 5.2.6.1 Modelos BPMN

Ponto focal desta pesquisa, o modelo de processo, utilizado para avaliar a influência das diretrizes de *layout* em relação à compreensão, foi desenvolvido em laboratório do grupo de pesquisa NEPSI e já publicado por Mendoza *et al.* (2018). Porém, tanto para contemplar (ver Figura 8) como para não contemplar as diretrizes (ver Figura 9) o modelo teve que passar por algumas alterações.

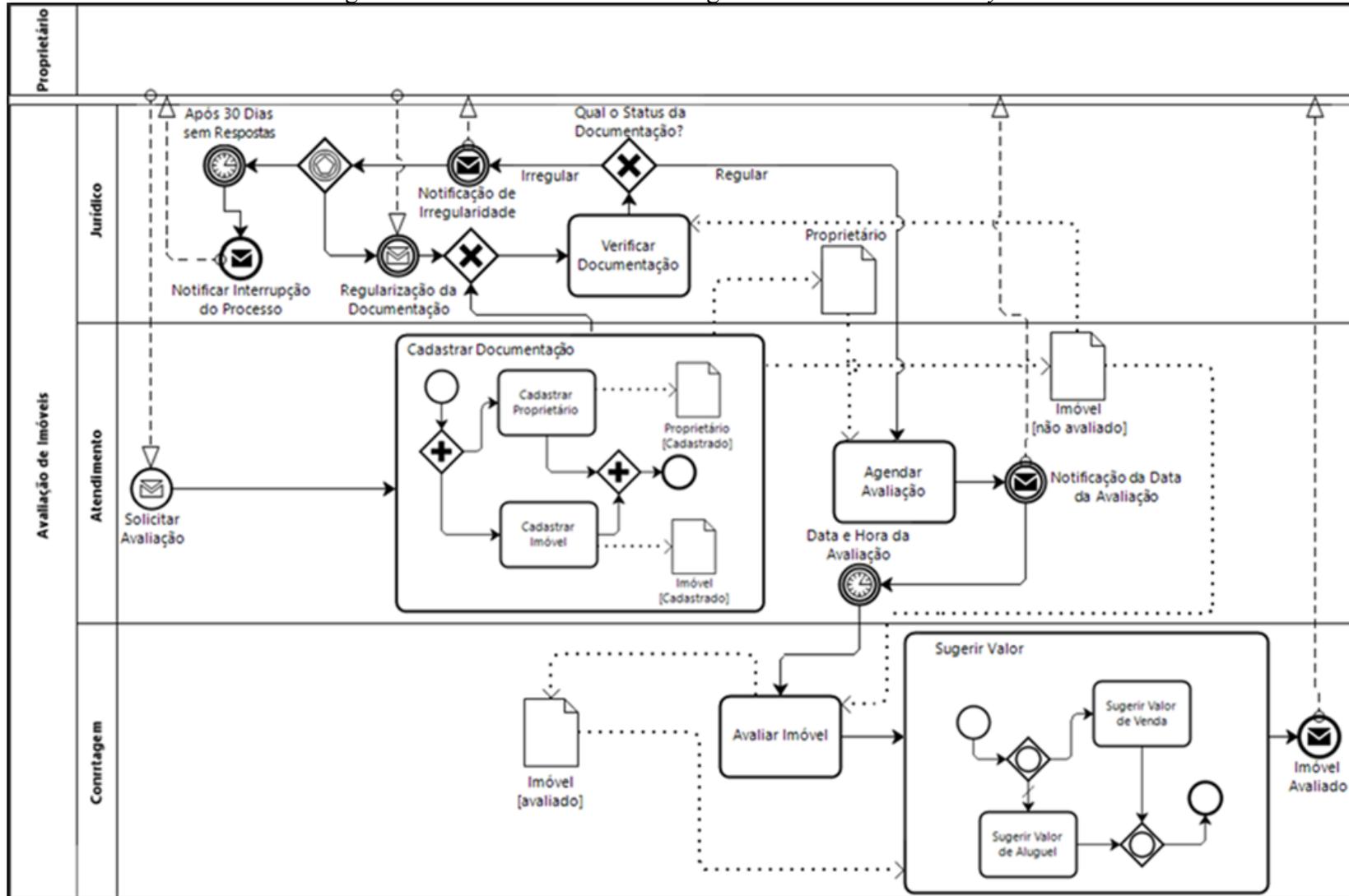
Ainda sobre o modelo, ele é referente à avaliação de imóveis para aluguel ou compra. Assim, o proprietário do imóvel deve solicitar uma avaliação para o seu imóvel para o setor de atendimento da imobiliária. Essa, por sua vez, realiza o cadastramento tanto do proprietário como do imóvel, que devem ocorrer concomitantemente. Após esse cadastro, o setor jurídico deve realizar a verificação da documentação referente ao imóvel. Caso o *status* da documentação esteja irregular, o setor jurídico deve enviar uma comunicação ao proprietário, informando a irregularidade e dando 30 dias para a completa solução. Porém, caso essa solução não seja providenciada no prazo, o processo deve ser finalizado, informando ao proprietário o seu término. Mas, caso o proprietário tenha solucionado, a documentação deverá ser encaminhada novamente para uma nova análise do setor jurídico. Assim, com a documentação regularizada o fluxo do processo segue novamente para o setor de atendimento que deverá agendar a avaliação propriamente dita, notificando o proprietário, com a data e hora. Por fim, na data e hora da avaliação o setor de corretagem irá avaliar o imóvel, sugerindo um valor de aluguel e/ou de venda, dependendo da solicitação do proprietário. Então, em sequência, o processo é finalizado com uma comunicação ao proprietário, informando o valor para o imóvel conforme solicitação.

Figura 8. Modelo de Processo de Negócio com Diretrizes de *Layout*.



Fonte: Adaptado de Mendoza *et al.* (2018).

Figura 9. Modelo de Processo de Negócio sem Diretrizes de *Layout*.



Fonte: Adaptado de Mendoza *et al.* (2018).

### 5.2.6.2 Questionários

De acordo com Lakatos e Marconi (2001), a coleta de dados trata da ação operacional da pesquisa, que consiste em definir os instrumentos e as ações que norteiam as atuações do pesquisador no campo. Dentre os instrumentos encontra-se o questionário, que, segundo os autores supracitados, consiste em uma série ordenada de perguntas a serem respondidas pelo participante.

Logo, no estudo proposto foram utilizados cinco questionários do tipo estruturado com perguntas objetivas, com opções de respostas previamente delimitadas e aplicação direta ao participante, sendo eles:

- Questionário sociocultural, que teve como objetivo identificar o perfil dos participantes, assim como as suas respectivas experiências em modelagem de processo em BPMN (ver Apêndice B);
- Questionário de exatidão com as diretrizes de *layout*, que teve como objetivo mensurar a compreensão do modelo BPMN com as diretrizes (ver Apêndice C);
- Questionário de exatidão sem as diretrizes de *layout*, que teve como objetivo mensurar a compreensão do modelo BPMN sem as diretrizes (ver Apêndice D);
- Questionário de facilidade para o modelo com as diretrizes de *layout*, que teve como objetivo verificar o quanto o participante percebeu facilidades em responder o questionário de exatidão com as diretrizes de *layout* (ver Apêndice E);
- Questionário de facilidade para o modelo sem as diretrizes de *layout*, que teve como objetivo verificar o quanto o participante percebeu facilidades em responder o questionário de exatidão sem as diretrizes de *layout* (ver Apêndice F).

Tanto o questionário sociocultural, como os questionários de facilidade, com e sem diretrizes de *layout*, foram respondidos no formato impresso, sob a observação da pesquisadora. No entanto, os questionários de exatidão, com e sem diretrizes de *layout*, foram respondidos diretamente no *computador* enquanto o participante estava visualizando os respectivos modelos usando os demais instrumentos, que estão apresentados nas próximas seções.

### 5.2.6.3 Eye-Tracking

O *eye-tracking*, como já ressaltado, é uma tecnologia de rastreamento ocular que mede a movimentação dos olhos. Logo, é factível coletar os dados do movimento ocular de um

participante quando ele olha para um determinado estímulo, enquanto trabalha em uma tarefa específica. Um estímulo, no caso deste estudo, é o modelo BPMN, que o participante deverá responder determinadas questões, conforme tipo de modelo de processo designado pela pesquisadora.

Nesta pesquisa, por conveniência, o instrumento utilizado para o rastreamento foi o dispositivo não intrusivo *Eye Tribe Tracker*, ilustrado na Figura 10.

Figura 10. *Eye Tribe Tracker*, Dispositivo não Intrusivo.



Fonte: *The Eye Tribe Tracker* (2012).

Assim, conforme já ressaltado, por ser esse dispositivo não invasivo, ele proporcionou aos participantes uma experiência mais natural, visto que ele não foi necessário um contato direto do participante com o dispositivo. A Figura 11 ilustra graficamente um participante utilizando esse instrumento.

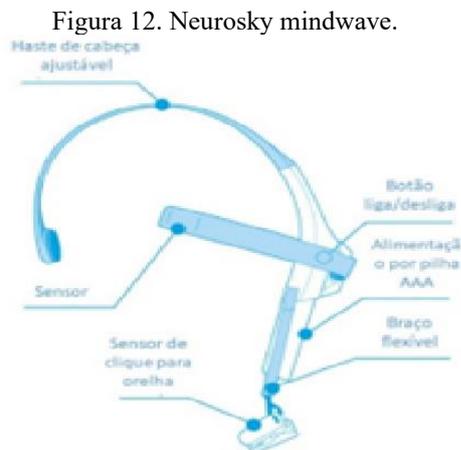
Figura 11. *Eye Tribe Tracker*, uso do dispositivo não intrusivo.



Fonte: *The Eye Tribe Tracker* (2012).

### 5.2.6.4 Neurosky Mindwave

O dispositivo EEG utilizado neste projeto, também por conveniência, foi o *headset Neurosky*. Sobre esse dispositivo, ele é um *scanner* EEG seco não invasivo (ver Figura 12) de um canal, com filtragem de ruído, que registra o sinal EEG a 512 Hz por um único local na testa do participante, lendo sinais do córtex pré-frontal, local em que predomina as atividades mentais relacionadas a emoções, estados mentais e concentração. Ele também é altamente sensível aos sinais motores da face, como sobrancelha franzida, piscar e movimento da sobrancelha. Cada uma dessas atividades motoras produz um sinal de alta amplitude e baixa frequência que é fácil de distinguir da atividade neuronal. A Figura 12 ilustra graficamente esse instrumento.



Fonte: Neurosky Mindwave (2023).

A Figura 13 ilustra um participante em operação no estudo, respondendo o questionário de exatidão, usando tanto o *eye-tracking* como o *Neurosky MindWave*.

Figura 13. Uso do *Eye-Tracking* e do *Neurosky MindWave* durante a realização do *Quasi-Experimento*.



## 5.2.7 Validar Planejamento

De acordo com Wholin *et al.* (2012), é fundamental considerar a validade dos resultados de um experimento. Essa preocupação deve ser incorporada desde o planejamento para garantir uma abordagem adequada durante o experimento. A falta de identificação e o não tratamento de uma ameaça pode comprometer os resultados do experimento e, conseqüentemente, invalidar todo o estudo (MAFRA; TRAVASSOS, 2006).

O nível de confiança no processo de investigação experimental, desde a base teórica até os resultados obtidos, incluindo a forma como são apresentados em relação à validade de construção, validade interna e validade externa, está diretamente relacionado à validade de um experimento (TRAVASSOS *et al.*, 2002; WAINER, 2007). De acordo com Cook e Campbel (1979), as ameaças podem ser compreendidas da seguinte maneira: (i) validade de conclusão, que se refere à capacidade de tirar conclusões corretas sobre a relação entre o tratamento e o resultado do experimento; (ii) validade de interna, que se preocupa com a relação causal entre o tratamento e o resultado, sem a influência de outros fatores desconhecidos pelo pesquisador; (iii) validade externa, que se refere às limitações na capacidade de generalização dos resultados do experimento; e, (iv) validade de construto, que se refere à generalização dos resultados do experimento para o conceito ou teorias subjacentes. Essas ameaças podem estar relacionadas ao projeto do experimento, abrangendo a capacidade do projeto em refletir os construtos a serem estudados, bem como os fatores sociais que estão diretamente ligados ao comportamento dos participantes e/ou dos pesquisadores.

No *quasi*-experimento conduzido neste estudo, foram consideradas e tratadas as seguintes ameaças:

- (i) Ameaças à conclusão, que de acordo com Wholin *et al.* (2012), menciona as irrelevâncias aleatórias no cenário experimental como uma ameaça à conclusão. Nesse sentido, para esta pesquisa, foram selecionados ambientes isolados e silenciosos, permitindo apenas um participante por vez na condução do *quasi*-experimento
- (ii) Ameaças à validade interna, que de acordo com Wainer (2007) refere-se ao efeito das expectativas do pesquisador, estando relacionado à interação intensa entre o pesquisador e os participantes, resultando em uma influência dos resultados de acordo com as expectativas do pesquisador. Para evitar essa ameaça, nesta pesquisa, o diálogo entre a pesquisadora e os participantes foi restrito a explicações e

esclarecimento de dúvidas em relação aos procedimentos do *quasi*-experimento, sem a expressão de opiniões sobre ele.

- (iii) Ameaças à validade externa, que é classificada por Travassos *et al.* (2002) como participantes que não possuem relação ou não refletem o comportamento da população. Essa ameaça foi abordada neste estudo, através da seleção de indivíduos com habilidades acadêmicas ou profissionais em modelagem de processos em BPMN, o que deve ser necessário para validação dos resultados. Além disso, esses mesmos autores indicaram também o tempo como uma ameaça à validade externa, a qual foi devidamente abordada neste estudo, garantindo que os participantes não fossem restritos pelo tempo de execução das tarefas.
- (iv) Ameaças à validade do construto, que é caracterizada como ameaças sociais para validar o construto (WHOLIN et al., 2012). Nesta pesquisa, foi mitigada essa ameaça, explicando-se, previamente, aos participantes que eles não estavam sendo avaliados em relação às tarefas do *quasi*-experimento, orientando-os a se sentirem à vontade, pois os dados gravados a partir da execução das tarefas seriam os aspectos realmente estudados. Além disto, foram fornecidas explicações detalhadas sobre os instrumentos de medição, como o rastreador ocular e o EEG, aos participantes, uma vez que eles não estavam familiarizados com esses instrumentos. Essas medidas foram tomadas em conjunto com a explicação prévia de todos os procedimentos do *quasi*-experimento.

## 5.2.8 Executar Teste Piloto

Durante a fase de planejamento, é crucial garantir que a experimentação ocorra de maneira adequada, a fim de evitar problemas na fase de operação. Isso permite identificar e corrigir eventuais problemas ainda na fase de planejamento, além de verificar se os resultados dos testes são consistentes com as expectativas, evitando dados que possam comprometer a continuidade da pesquisa.

Nesse sentido, foram realizados testes preliminares, também conhecidos como testes piloto, para validar a operacionalização deste *quasi*-experimento, especialmente em relação à integração e exportação dos dados biométricos coletados. Esses testes piloto envolveram a participação de cinco indivíduos, incluindo três estudantes de pós-graduação em processos e dois já profissionais atuantes nessa área.

Esses testes piloto proporcionaram lições aprendidas que permitiram ajustes no *quasi*-experimento, evitando possíveis problemas que poderiam comprometer os resultados da pesquisa. Essas lições foram as seguintes:

- Melhor posicionamento dos participantes na área de rastreamento do dispositivo *Eye Tribe Tracker*, a fim de evitar que o saíssem da área durante o estudo e, assim, evitar problemas na coleta dos dados biométricos relacionados ao rastreamento ocular;
- Verificação de que a calibração do dispositivo *Eye Tribe Tracker* deveria realmente atingir no mínimo três estrelas para garantir maior confiabilidade na qualidade nos dados coletados;
- Fixação adequada do cabo USB para evitar que o dispositivo de rastreamento ocular fosse facilmente desconectado durante as seções de experimentação;
- Manutenção do dispositivo EEG, o *Neurosky Mindwave*, sempre com uma pilha nova, trocando-as após duas seções, a fim de evitar desligamentos ou qualquer impacto decorrente do baixo nível da pilha durante as seções de experimentação;
- Utilização de dois ambientes distintos para controlar o estado de ansiedade e/ou estresse dos participantes durante o preenchimento do questionário sociocultural.

Com base nessas lições aprendidas durante o teste piloto do *quasi*-experimento, foi possível reavaliar e ajustar o procedimento do *quasi*-experimento em definitivo, incorporando os ajustes necessários. É importante ressaltar que os dados coletados dos cinco participantes no teste piloto não foram incluídos na fase de análise de resultados, uma vez que os problemas mencionados ocorreram durante as seções do teste piloto, inviabilizando a coleta dos dados biométricos. . Portanto, foram considerados apenas os dados obtidos no *quasi*-experimento realizado após os ajustes proporcionados pelo teste piloto.

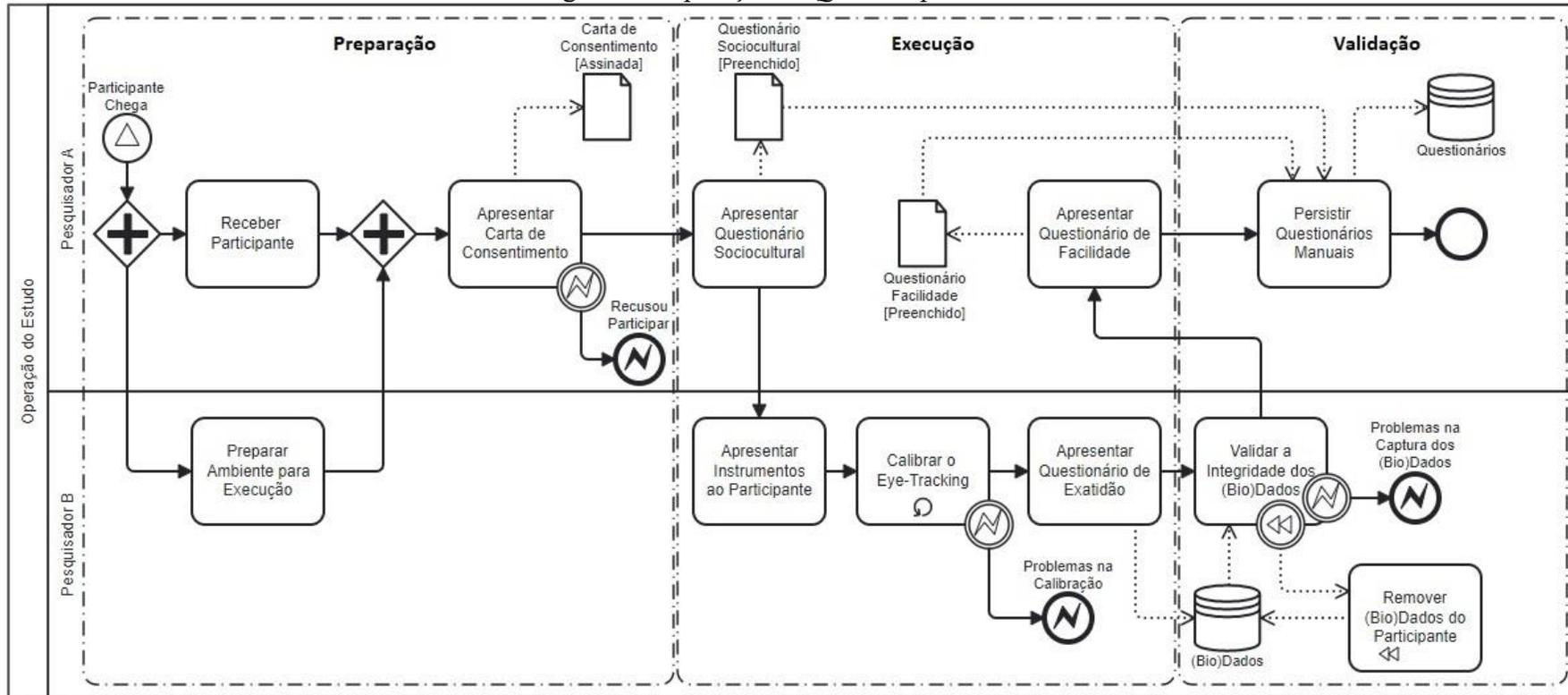
### 5.3 Operação do *Quasi*-experimento

De acordo com Santos (2016), a aceitação de uma pesquisa acadêmica como científica passa pela possibilidade de outros pesquisadores replicarem o estudo e obterem o mesmo resultado. Assim, é fundamental que a operação do *quasi*-experimento esteja em conformidade com o que foi idealizado no planejamento da pesquisa (WHOLIN et al., 2012); sendo esta, a principal preocupação a ser formalizada nesta seção. Ainda segundo Wholin *et al.* (2012), a operacionalização do experimento deve contemplar três fases:

- i.* **Preparação:** trata-se de preparar, (*a*) os participantes no sentido de contextualizá-los sobre a pesquisa, (*b*) o ambiente onde será realizado o experimento e (*c*) os instrumentos a serem utilizados;
- ii.* **Execução:** trata-se da efetiva realização do *quasi*-experimento;
- iii.* **Validação:** refere-se à preocupação em assegurar a validação dos dados coletados.

O fluxo de atividades que forma o delineamento dessa operação está ilustrado em BPMN, na Figura 14.

Figura 14. Operação do *Quasi*-experimento.

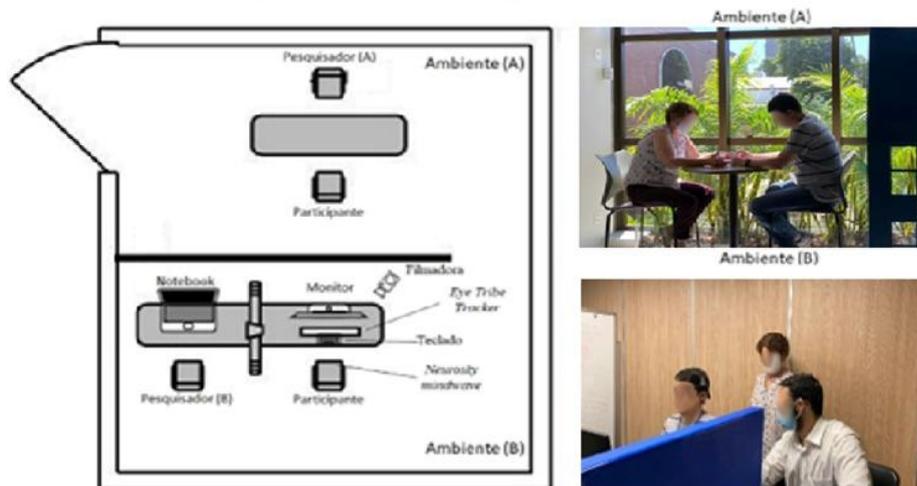


### 5.3.1 Fase de Preparação

Como pode ser observado na Figura 14, a operacionalização do *quasi*-experimento ocorreu com a participação de dois pesquisadores. Sobre a fase de *Preparação*, foi necessário tornar os participantes cientes do que eles iriam realizar. Assim, enquanto o *Pesquisador B* estava preparando o ambiente, com a atividade *Preparar Ambiente para Execução*, o *Pesquisador A* recebia o participante informando-o sobre todo o processo, atividade *Receber Participante*, e requisitado a sua ciência com a assinatura da carta de consentimento.

A Figura 15, ilustra o ambiente preparado para este estudo. Nele é possível observar, que, embora em uma mesma sala, essa fase era realizada em um local distinto da fase de *Execução*, que está descrita na próxima seção.

Figura 15. Ambientes do *Quasi*-experimento.



### 5.3.2 Fase de Execução

Na fase de *Execução*, após a carta de consentimento ter sido devidamente assinada, o participante era apresentado, pelo *Pesquisador A*, ao questionário sociocultural, pela atividade *Apresentar Questionário Sociocultural*. Assim, após o preenchimento desse questionário, o participante era guiado ao outro ambiente (ver Figura 15 (b)) para ser apresentado aos instrumentos (*Eye-Tracking* e *Neurosky MindWave*) que ele iria utilizar nas atividades subsequentes.

Após esse primeiro contato com os instrumentos, o participante era convidado a calibrar o *Eye-Tracking*, condição *sine qua non* para prosseguir com o participante. Aqui cabe ressaltar

que o *Eye Tribe Tracker*, em seu manual, sugere que, para o seu melhor aproveitamento, ele esteja calibrado, em relação ao participante, com no mínimo três estrelas. Assim, o protocolo aqui utilizado usou o mesmo conceito, dando a oportunidade de três tentativas para o participante conseguir a calibragem ideal. Dessa forma, com o participante devidamente calibrado, ele era apresentado ao questionário de exatidão, tendo todos os seus dados biométricos devidamente armazenados para cada pergunta do questionário; ou seja, tanto os seus dados visuais como as suas ondas cerebrais, nível de atenção e carga de trabalho mental eram automaticamente armazenados em uma base de dados, para *posteriori* consulta.

Por fim, ainda nesta fase, o *Pesquisador A* apresentava o questionário de facilidade para verificar o quanto o participante achou ou não fácil o questionário anterior.

### 5.3.3 Fase de Validação

Nesta fase ocorre a validação dos dados biométricos, pois é possível, mediante algum problema de execução, ocorrer alguma perda de dados na comunicação dos instrumentos utilizados com o sistema de captura. Logo, o *Pesquisador B*, responsável em operar esta atividade realizava a validação dos dados. No caso dele detectar algum erro, uma exceção era requisitada e o estado anterior do banco de dados, antes da operação do participante, era recuperada. Ou seja, os dados desse participante são invalidados. Aqui cabe ressaltar que, para evitar qualquer tipo de viés o participante não deve refazer a operação, porque ele já teria tido um contato inicial com o modelo utilizado. Neste caso, para não gerar nenhum constrangimento, o participante não era informado. Porém, caso o *Pesquisador B* não identificasse nenhum problema, os dados biométricos eram validados e o processo seguiria normalmente.

Por fim, o *Pesquisador A*, por segurança, persiste os dados dos questionários sociocultural e de facilidade para que os mesmos possam ser utilizados na análise de dados, que somente ocorrerá após o término dessa operação.

Dando continuidade, na próxima seção se apresenta as análises e as discussões em relação aos dados, convencionais e biométricos, aqui coletados.

## 6 ANÁLISE E DISCUSSÕES

---

A finalidade desta etapa é interpretar, analisar e discutir os dados coletados a partir dos questionários supracitados. Assim, para dar maior consistência às discussões, os dados foram analisados à luz da literatura e da abordagem cognitiva aqui adotada.

Porém, para organizar essa seção, os resultados aqui apresentados encontram-se agrupados em duas subseções que detonam o tipo de dado durante esta análise. Assim, inicialmente, são apresentados: (i) os resultados relacionados à análise convencional, que tomou como base os dados coletados por meio dos questionários sociocultural e de facilidade com e sem as diretrizes de *layout*; e (ii) o enquadramento dos resultados capturados a partir dos dados biométricos.

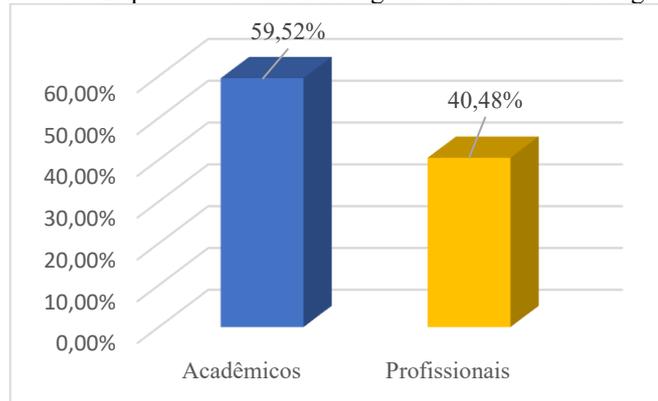
### 6.1 ANÁLISE CONVENCIONAL

Nesta primeira análise, buscou-se fazer um levantamento do perfil dos participantes, por meio do questionário sociocultural, além da análise descritiva das questões que compõem essa investigação. Além disso, também são apresentados os questionários de facilidade tanto para os participantes que utilizaram o modelo com as diretrizes de *layout* como para os que não utilizaram.

#### 6.1.1 Questionário Sociocultural

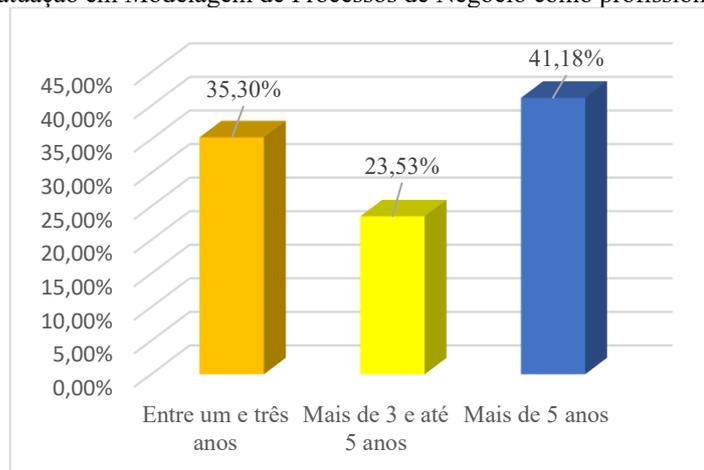
Como já ressaltado, o questionário sociocultural teve por objetivo identificar o perfil dos participantes, evidenciando as suas características pessoais, assim como o contexto em que eles estão inseridos. Assim, em relação ao tipo de experiência com modelagem de processos de negócio, dos 42 participantes, a maioria deles, 25 participantes, destacou que a sua experiência era acadêmica; já os demais, os 17 restantes, destacaram a experiência profissional. O Gráfico 1, ilustra esses dados.

Gráfico 1. Experiência com Modelagem de Processos de Negócio.



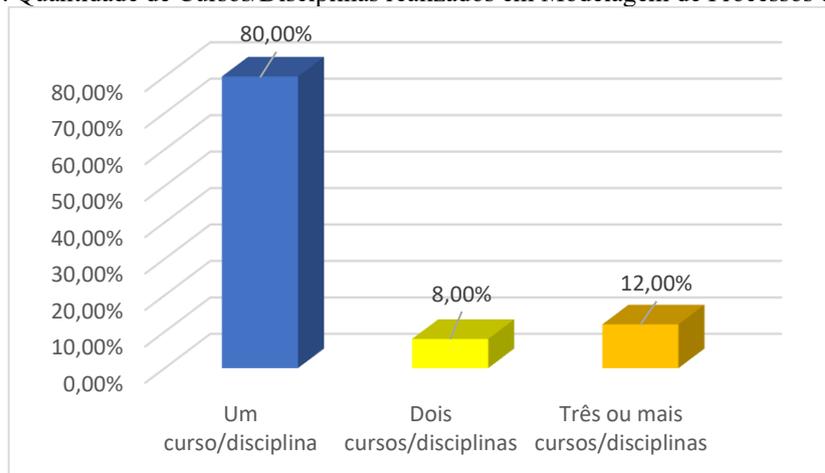
Considerando os participantes com experiência profissional, buscou-se identificar qual o tempo de atuação com modelagem de processos. Assim, como ilustrado no Gráfico 2, sete participantes possuíam mais de 5 anos de atuação, seguido por seis profissionais com atuação entre 1 e 3 anos e, por último, quatro com menos de 1 ano de atuação.

Gráfico 2. Tempo de atuação em Modelagem de Processos de Negócio como profissional da área de Processos.



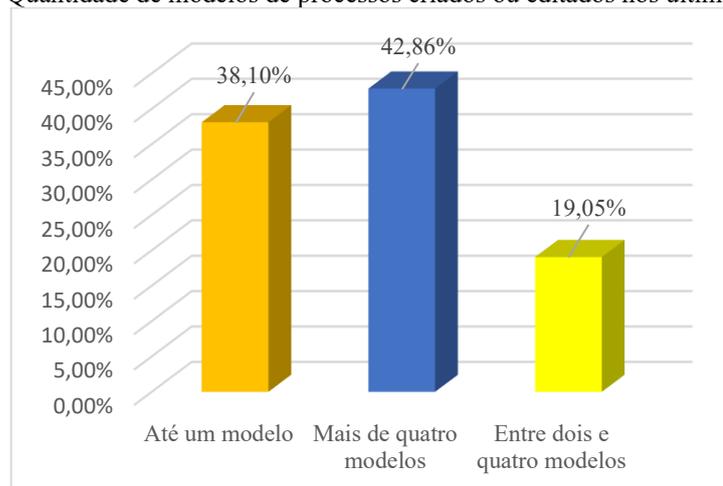
Buscando também mensurar o nível de experiência do outro grupo (os acadêmicos) havia no questionário sociocultural uma pergunta sobre a quantidade de cursos/disciplinas que o participante havia realizado sobre modelagem de processos. O Gráfico 3 ilustra esses resultados, onde destaca-se que a maioria, vinte participantes, havia realizado apenas 1 curso/disciplina. Já os demais, apenas dois tinham realizado 2 cursos/disciplinas e três com 3 ou mais cursos/disciplinas.

Gráfico 3. Quantidade de Cursos/Disciplinas realizados em Modelagem de Processos de Negócio.



Complementado a informação sobre a experiência, foi também questionado aos participantes a quantidade de modelos de processos criados ou editados por eles nos últimos 12 meses. O Gráfico 4 ilustra essas informações, destacando que dezoito participantes informaram que criaram ou modificaram mais de 4 modelos; porém, em contraponto, uma quantidade similar de participantes, dezesseis, informaram que criaram ou modificaram apenas um modelo, sendo esses todos acadêmicos. Já oito participantes informaram que criaram ou modificaram entre dois e quatro modelos. Com isso, foi possível verificar que todos os participantes, mesmo aqueles que criaram ou editaram apenas um modelo, tinham tido contato com a prática de modelagem de processos no último ano.

Gráfico 4. Quantidade de modelos de processos criados ou editados nos últimos 12 meses.

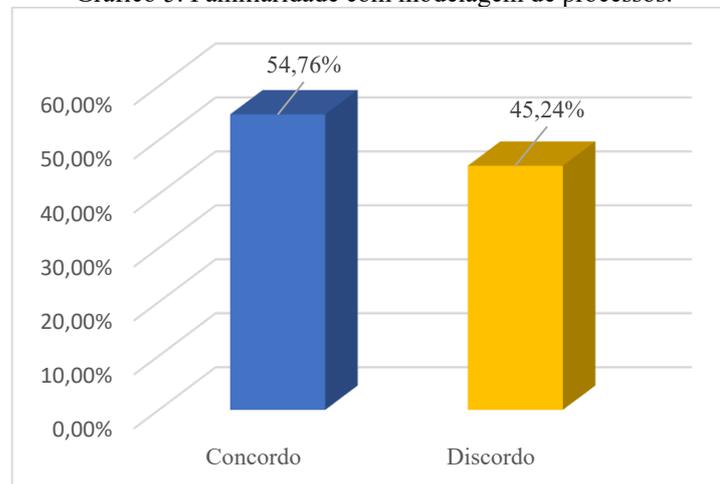


Tendo como propósito principal verificar se as diretrizes de *layout* podem ou não facilitar a compreensão, uma questão sobre o quanto os participantes se sentiam familiarizados com os modelos de processos foi realizada. O Gráfico 5 ilustra esses dados, destacando que dezenove

participantes responderam que não estão familiarizados; ou seja, eles discordaram dessa afirmação. Porém, os vinte e três restantes ressaltaram que se sentem sim familiarizados.

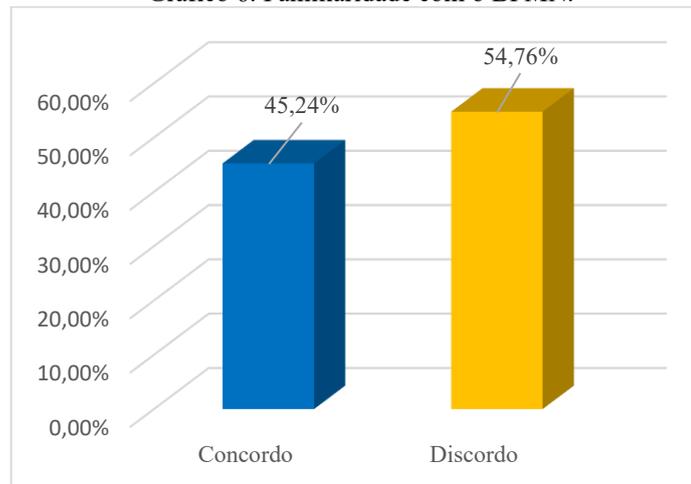
Esse equilíbrio talvez se justifique pelo fato de o grupo de participantes experientes ter sido formado por profissionais e acadêmicos e que mesmo possuindo diferentes tempos e nível de experiência, eles se sentiram confortáveis em afirmar a sua familiaridade com modelos de processos. Porém, talvez seja interessante também destacar o grupo que sinalizou a sua não familiaridade. Será que esse grupo não teve algum tipo de receio em ser colocado a prova durante a execução desta pesquisa? Ou, de fato, eles não tinham mesmo familiaridade? Uma possível resposta para essas perguntas é apresentado na Seção 6.2.1, que correlaciona essa questão com a quantidade de acertos do questionário de exatidão.

Gráfico 5. Familiaridade com modelagem de processos.



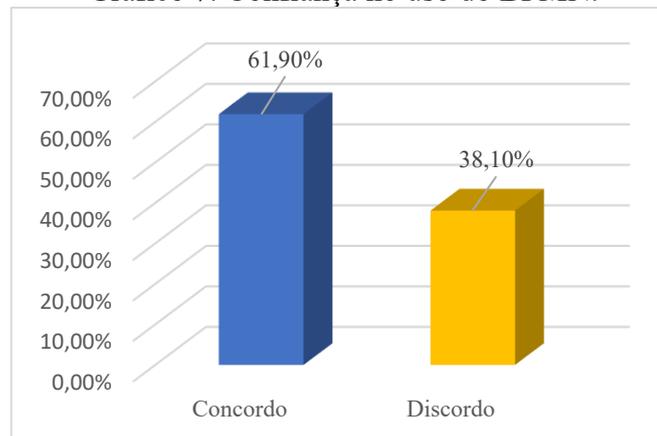
Dando luz ao BPMN, buscou-se também identificar o quão os participantes se sentiam familiarizados com a notação. Neste contexto, o Gráfico 6 destaca que vinte e três participantes apesar de se sentirem familiarizados com modelos de processos, não se sentiam familiarizados com o uso de BPMN no modelo, em contraponto, dezenove participantes sinalizaram se sentirem familiarizados com a referida notação. Percebe-se que apesar da familiaridade apresentada em modelagem de processos, isso não se repete em relação ao BPMN.

Gráfico 6. Familiaridade com o BPMN.



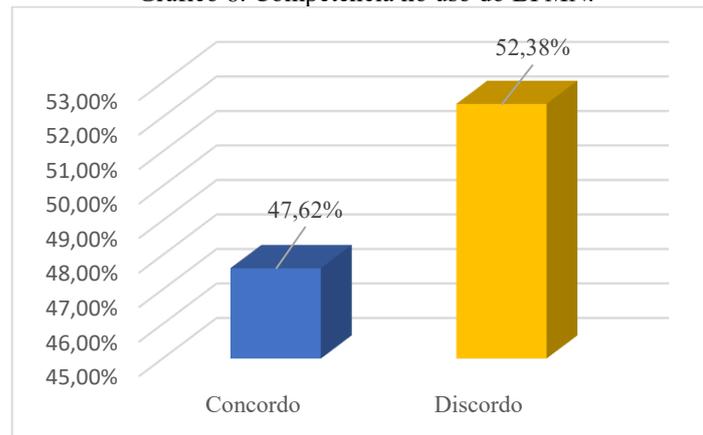
Tendo como objetivo validar a pergunta anterior, buscou-se também identificar o quão os participantes se sentiam confiantes em usar BPMN. O Gráfico 7 ilustra essa informação, destacando que vinte e seis dos participantes mostraram-se confiantes em usar BPMN, enquanto dezesseis indicaram que não se sentiam confiantes. Aqui, uma constatação é identificada; pois, mesmo sem mostrar familiaridade com a notação, vinte e seis participantes, três deles se sentem confiantes em usá-la. Ou seja, aparentemente o BPMN parece ser de fácil compreensão para se usar, pelo menos para esses participantes.

Gráfico 7. Confiança no uso do BPMN.



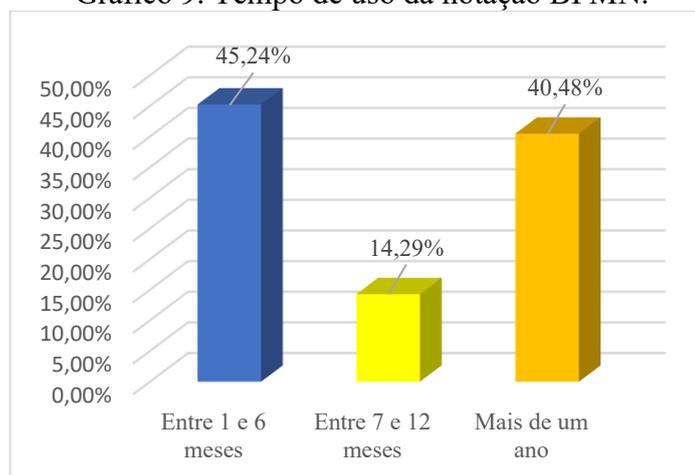
Já no que se refere à competência em usar BPMN, o Gráfico 8 ilustra essas informações, onde é possível visualizar que vinte e dois participantes sinalizaram não ter competência em usar em contraponto com os vinte que sinalizaram ter competência. Aqui cabe destacar que três participantes que sinalizaram confiança em usar a notação, ressaltaram aqui não ter a devida competência em usar.

Gráfico 8. Competência no uso do BPMN.



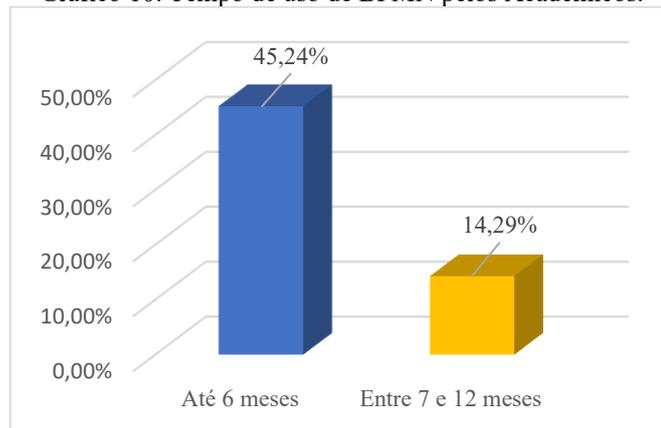
Assumindo que o tempo de experiência em modelagem de processos pode ser diferente do tempo de experiência com o uso do BPMN, buscou-se identificar o tempo de uso pelos participantes, obtendo-se o resultado apresentado no Gráfico 9, onde percebe-se uma aproximação quantitativa entre os dezenove participantes que usam BPMN há 6 meses e aqueles dezessete que usam há mais de 1 ano. Já entre 7 e 12 meses foi identificado apenas uma minoria de seis participantes. Contudo, para melhor estratificar o uso de BPMN por esses 42 participantes, os Gráficos 10 e 11 segmentam essa distribuição em acadêmicos e profissionais, respectivamente.

Gráfico 9. Tempo de uso da notação BPMN.



De acordo com o Gráfico 10 os 25 participantes definidos como acadêmicos se apresentaram, majoritariamente, dezenove deles, com experiência de uso de BPMN até 6 meses, enquanto os outros seis participantes usaram BPMN entre 7 e 12 meses.

Gráfico 10. Tempo de uso de BPMN pelos Acadêmicos.



Já o Gráfico 11 ilustra os dezessete participantes definidos como profissionais, que se identificam com experiência de uso do BPMN entre 2 anos e 27 anos. Essa classificação pode ser percebida de forma percentual nesse gráfico e quantitativamente no Gráfico 12.

Gráfico 11. Tempo de uso da notação BPMN pelos Profissionais por Ano.

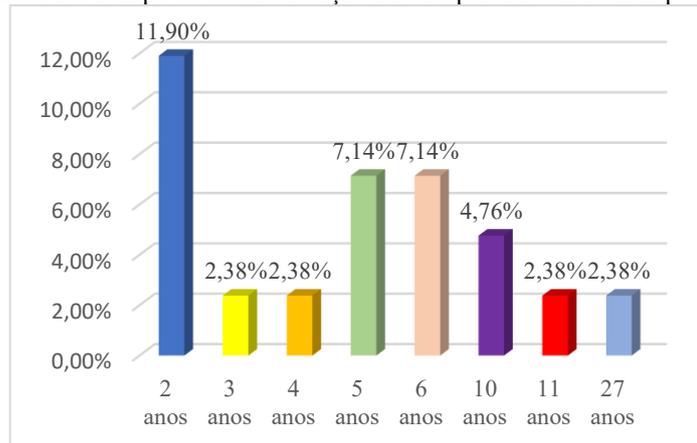
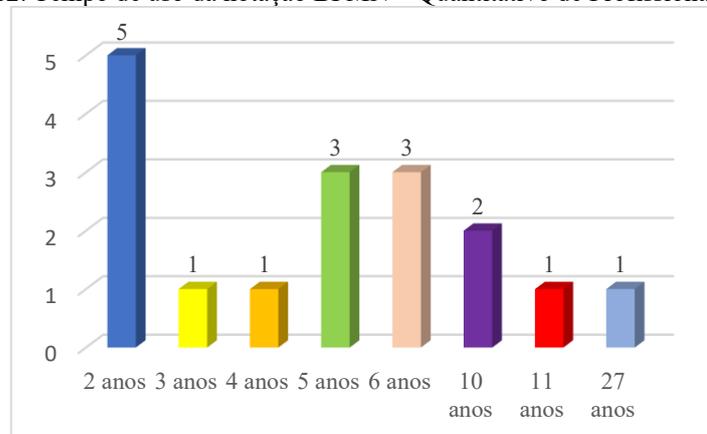


Gráfico 12. Tempo de uso da notação BPMN – Quantitativo de Profissionais por Ano.



Aqui cabe ressaltar que essa diversificação de conhecimento e experiência em modelagem de processos e BPMN apresentada pelos participantes neste *quasi*-experimento,

possibilitou um estudo mais abrangente no que tange a verificação de possíveis impactos causados pelos *layouts* nos modelos de processos em relação à compreensibilidade, tema central desta dissertação.

## 6.1.2 Questionário de Facilidade

O questionário de facilidade teve por objetivo verificar a percepção de esforço cognitivo exercido pelos participantes durante a experimentação. Para efeito de validação da aplicação das diretrizes de *layout* nos modelos de processos, o *quasi*-experimento disponibilizou dois tipos de questionários, o questionário de facilidade com e sem as diretrizes de *layout*, usados pelos participantes de forma individual e exclusiva, ou seja, cada grupo de participante usou um tipo de questionário diferente. Esses, por sua vez, são apresentados a seguir e desenvolvida uma análise descritiva e comparativa em relação às respostas fornecidas pelos grupos.

### 6.1.2.1 Com Diretrizes *versus* sem Diretrizes

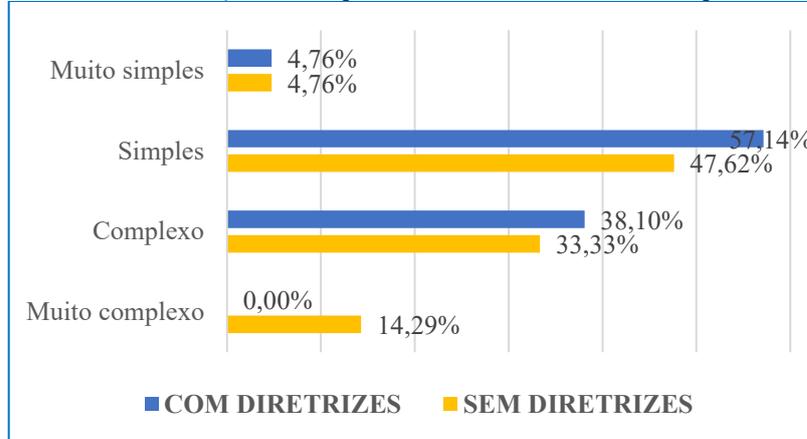
A aplicação desses questionários de facilidade ocorreu após a realização da segunda parte do *quasi*-experimento. Assim, como última etapa da intervenção, os 42 participantes responderam oito questões específicas, aderentes ao tipo de questionário de exatidão respondido pelo participante. Ou seja, se o participante realizou as atividades pertinentes ao questionário de exatidão com diretrizes de *layout*, obrigatoriamente, responderia ao questionário de facilidade com diretrizes de *layout*. Similarmente, isso também ocorreu no caso de sem diretrizes de *layout*.

Sobre esses questionários de facilidade, eles, como já ressaltados (ver Quadro 8), foram idealizados tendo como base uma escala tipo Likert. A seguir cada uma das questões desses questionários é devidamente analisada.

No que se refere à primeira questão (ver Gráfico 13), que verifica a complexidade do modelo usado no experimento, ela aponta a alternativa “*Muito Complexo*”, como uma tendência de maior complexidade no modelo sem diretrizes, visto que nenhum dos participantes que analisou o modelo com diretrizes, indicou essa alternativa. Contudo, existe um paradoxo ao se analisar as alternativas intermediárias do gráfico, “*Simples*” e “*Complexo*”, as quais, apontam que, com diretrizes são mais simples e ao mesmo tempo mais complexos que os sem diretrizes.

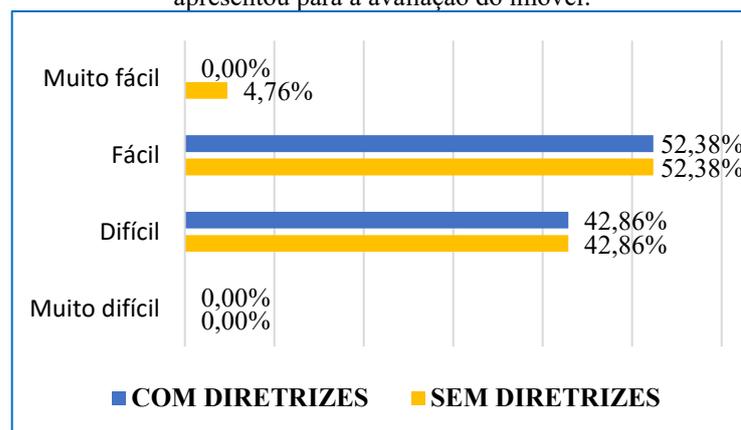
No que tange a alternativa “*Mais Simples*”, ambos os modelos se equivalem na avaliação dos participantes.

Gráfico 13 - Avaliação da complexidade do modelo usado no experimento.



Sobre a segunda questão (ver Gráfico 14), que aborda o nível de dificuldade em identificar as possibilidades para avaliar o imóvel, nenhum participante apontou a alternativa “*Muito difícil*”, e de forma oposta, apenas um participante, que avaliou o modelo sem diretrizes, sinalizou a alternativa “*Muito fácil*”. Porém, em relação à alternativa “*Fácil*”, ela foi sinalizada por doze participantes que avaliaram o modelo com diretrizes e onze com o modelo sem diretrizes. Já a alternativa “*Difícil*”, ela foi selecionada pelo mesmo número de participantes para ambos os modelos, ou seja, nove participantes.

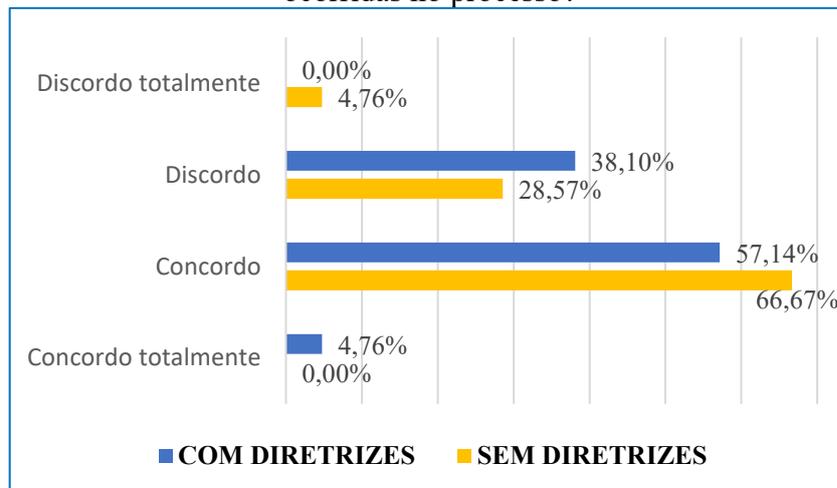
Gráfico 14 - Nível de dificuldade que o participante teve para identificar as possibilidades que o modelo apresentou para a avaliação do imóvel.



Em relação à terceira questão (ver Gráfico 15), que busca verificar se foi fácil identificar as tomadas de decisão representadas no modelo, dos vinte e um participantes que avaliaram o modelo com diretrizes, oito deles discordaram e treze concordaram com a facilidade de identificar as tomadas de decisão ocorridas no modelo específico que foi avaliado. Dentre os

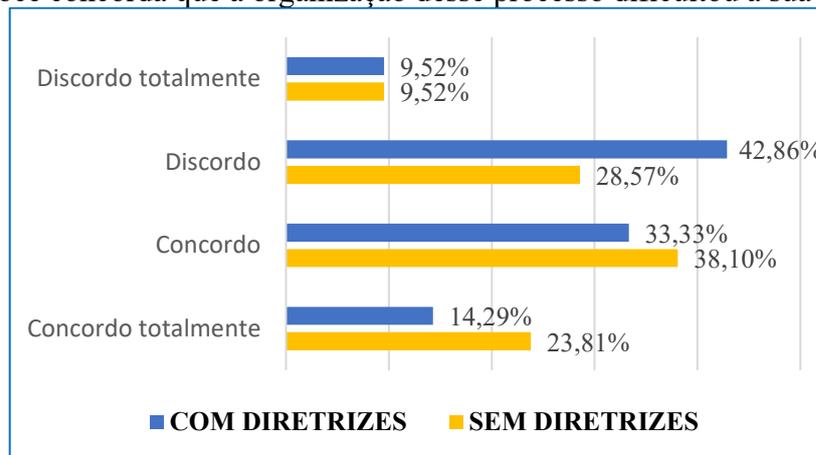
outros vinte e um participantes que avaliaram o modelo sem diretrizes, sete desses discordaram da facilidade e os demais, quatorze participantes, concordaram. Logo, os dois tipos de modelos obtiveram uma avaliação, prioritariamente, positiva em relação à facilidade nessa questão. Entretanto, como nenhum participante que avaliou o modelo com diretrizes discordou totalmente, pode-se inferir que o modelo com diretrizes teve uma compreensão melhor em relação à questão.

Gráfico 15 - Você concorda que foi possível identificar facilmente as tomadas de decisão ocorridas no processo?



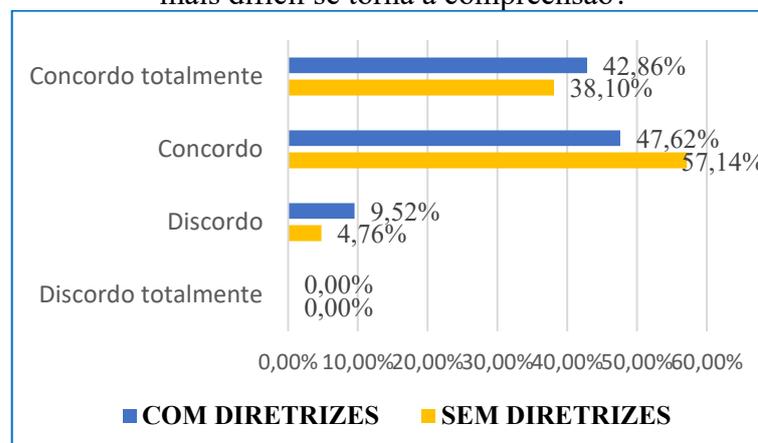
Sobre a organização do modelo, ilustrada no Gráfico 16, a quarta questão buscou verificar se a organização do processo dificultou a sua compreensão. Assim, dentre os participantes que avaliaram o modelo com diretrizes, onze discordaram e dez concordaram. Mas, em relação aos vinte e um participantes que responderam avaliando o modelo sem diretrizes, oito discordaram e treze concordaram que o modelo sem as diretrizes dificultou a compreensão. De uma forma geral, a maioria dos participantes do modelo sem diretrizes, quando comparado com o modelo com diretrizes, se posicionaram com uma maior dificuldade, concordando totalmente ou parcialmente que a organização, de fato, dificulta a compreensão. A inferência que a pesquisadora pode fazer é que a inclusão das diretrizes é de fato um fator positivo.

Gráfico 16 - Você concorda que a organização desse processo dificultou a sua compreensão?



O Gráfico 17, ilustra as respostas referente à quinta questão, que se relaciona com a quantidade de elementos em um modelo de processo em relação à compreensão. Nesse questionamento os dois grupos de análise concordaram em sua imensa maioria, modelos com diretrizes (dezenove participantes) e modelos sem diretrizes (vinte participantes), que um número maior de elementos no modelo dificulta a sua compreensão, enquanto uma minoria representada por apenas dois participantes de modelo com diretrizes e um de modelo sem diretrizes, responderam discordando da referida dificuldade. Analisando-se, exclusivamente essa questão, pode-se inferir que uma diagramação mais cuidadosa no sentido de reduzir o número de elementos que compõem o modelo de processo, possivelmente contribui para facilitar a compreensão de todos os *stakeholders* do processo.

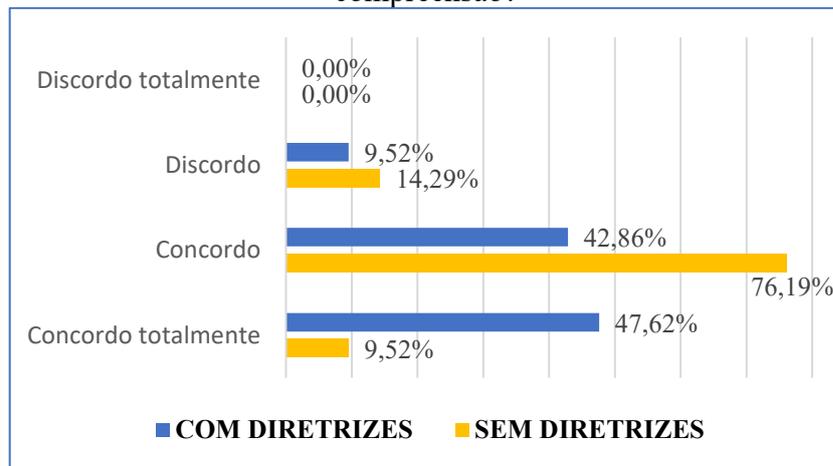
Gráfico 17 - Você concorda que quanto maior o número de elementos apresentados no processo, mais difícil se torna a compreensão?



O Gráfico 18 apresenta o resultado da sexta questão, buscou identificar se a variedade dos tipos de artefatos de um modelo pode ou não dificultar a compreensão. Neste contexto,

apenas dois participantes que avaliaram o modelo com diretrizes e três participantes que avaliaram o modelo sem diretrizes discordaram, enquanto a maioria, dezenove participantes, para o modelo com diretrizes e dezoito para modelo sem diretrizes concordaram que a variedade de tipos de artefatos pode dificultar a compreensão. Esse resultado pode contribuir para a conscientização dos projetistas no sentido de repensarem a forma de desenvolver os seus modelos de processo, levando em consideração esse fato.

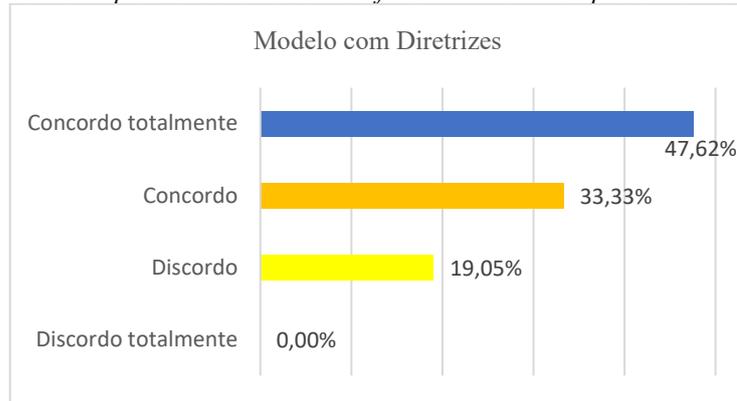
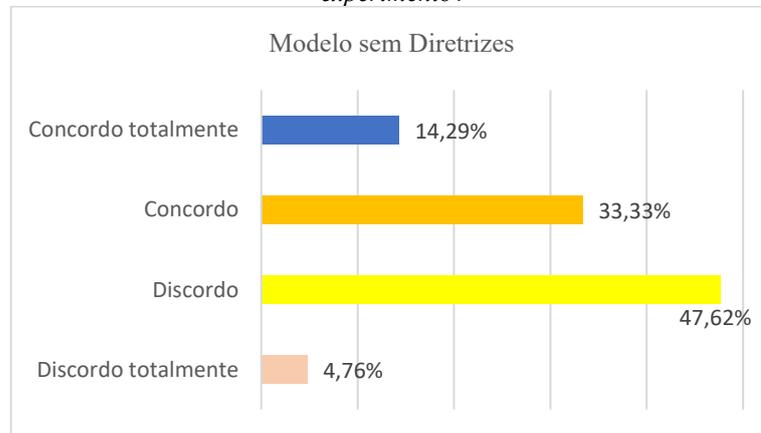
Gráfico 18 - Você concorda que a variedade de tipos de artefatos no processo pode dificultar a compreensão?



Em virtude da necessidade de analisar, mais profundamente, os questionários de facilidade, referentes aos modelos com diretrizes, comparando-os aos sem diretrizes, foram inseridas as seguintes questões, respectivamente:

- *Você concorda que o modelo colorido influenciou a sua compreensão durante o experimento?*
- *Você concorda que o modelo com ausência de cor influenciou a sua compreensão durante o experimento?*

Os Gráficos 19 e 20 apresentam essas respostas, evidenciando diferenças no que tange à concordância geral, onde dentre os vinte e um participantes que avaliaram os modelos com diretrizes, dezessete sinalizaram positivamente para essa alternativa e apenas quatro discordaram (ver Gráfico 19). Porém, no Gráfico 20, relativo aos modelos sem diretrizes, dezesseis concordaram que a ausência de cor no modelo influencia na compreensibilidade, com apenas cinco discordando. Dando luz nessas respostas, ilustradas nesses dois gráficos, infere-se que a inclusão ou ausência de cores nesse tipo de modelo, segundo esses participantes, pode sim influenciar na compreensibilidade.

Gráfico 19 - *Você concorda que o modelo colorido influenciou a sua compreensão durante o experimento?*Gráfico 20 - *Você concorda que o modelo com ausência de cor influenciou a sua compreensão durante o experimento?*

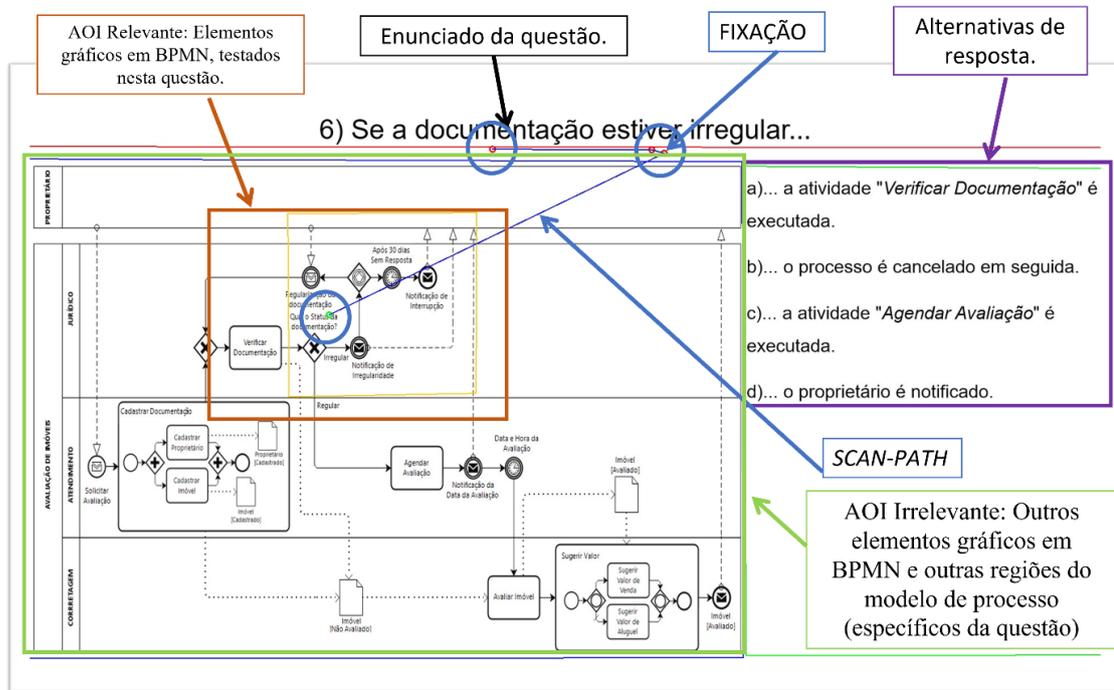
## 6.2 ANÁLISE DOS DADOS BIOMÉTRICOS

Como já ressaltado, é durante a fixação do olhar que ocorre a maior parte da captura de informações e o processamento cognitivo (BUSJAHN et al., 2015), podendo-se, assim, identificar as áreas de maior interesse dos usuários, quando esses executam uma determinada tarefa. Neste contexto, para este estudo, foi usado medidas específicas para analisar, por meio de dados biométricos, o efeito da utilização das diretrizes de *layout* nos modelos BPMN, em relação à compreensibilidade dos participantes na realização deste *quasi*-experimento.

Dentro deste contexto, os dados referentes ao rastreamento ocular foram coletados a partir das tarefas de compreensão realizadas pelos participantes, enquanto esses se relacionavam com as seguintes áreas: (i) o enunciado da questão; (ii) as alternativas de respostas, (iii) os elementos gráficos no modelo que correspondem as diretrizes analisadas, ou seja, a região que possibilita encontrar a resposta correta (AOI relevante); e (iv) as demais regiões no modelo, que correspondem a outros elementos do modelo que não são de interesse para responder à questão

(AOI irrelevantes). A Figura 16 ilustra essas áreas em relação à sexta questão do questionário de exatidão.

Figura 16. Modelo de Processo Mapeado por AOIs.



Assim, com base nessas áreas, os dados biométricos capturados pelo rastreamento ocular, utilizados nesta análise, foram as contagens em: fixações em AOI relevante (*fixRel*) e irrelevantes (*fixIrrel*). Mas, já sobre o dispositivo EEG aqui utilizado (o *neurosky*), optou-se em coletar as médias das ondas cerebrais *alpha* e *gamma*, que estão diretamente relacionadas ao nível de atenção ou dispersão dos participantes ao realizarem as tarefas, tendo, desta forma, as variáveis *avgAlpha* e *avgGamma*.

Dessa forma, a análise estatística realizada para verificar a compreensão em relação à eficácia cognitiva, aqui pautada nas dimensões de exatidão, velocidade e facilidade, foram concentradas nas seguintes variáveis:

- *fixRel*, que representa a contagem das fixações relevantes (dimensão exatidão);
- *fixIrrel*, que representa a contagem das fixações irrelevantes (dimensão exatidão);
- *avgAlpha*, que representa a média das ondas *alpha* (dimensão exatidão);
- *avgGamma*, que representa a média das ondas *gamma* (dimensão exatidão);
- *duration*, que representa o tempo que o participante ficou em determinada questão (dimensão velocidade);
- *avgDurFixRel*, que representa a duração média das fixações relevantes (dimensão facilidade);

- *avgDurFixIrrel*, que representa a duração média das fixações irrelevantes (dimensão facilidade).

Sobre essa análise, ela foi realizada sobre dois pressupostos, sendo eles: (i) verificar se os grupos de amostras são provenientes de populações com distribuição normal, e (ii) se as variâncias dos grupos avaliados são homogêneas. Assim, para a verificação desses dois pressupostos foram utilizados os testes de *Shapiro Wilk* (de normalidade) (SHAPIRO; WILK, 1965) e o teste de *Levene* (de homogeneidade de variâncias) (SCHULTZ, 1985).

Porém, após a verificação do pressuposto de normalidade, observou-se que algumas questões tiveram o mesmo rejeitado (testes de *Shapiro Wilk*) (como pode ser observado na Tabela 1, pelos valores em negrito); dessa forma, não foi necessário a realização do teste de homogeneidade das variâncias. Assim, foi definido que dada a impossibilidade da utilização do *test t* para todas as questões, para se manter uma uniformidade, foi utilizado o teste não-paramétrico de *Mann Whitney* (MCKNIGHT e NAJAB, 2010), como pode ser observado na Tabela 2, inclusive aquelas onde os pressupostos para a utilização do *test t* foram respeitados. Isso posto, para simplificar, a Tabela 3 apresenta a sumarização dos resultados do teste de Mann Whitney, disponibilizando apenas as questões que tiveram uma diferença estatisticamente significativa. Sobre essas teorias estatísticas, que foram utilizadas para a construção dessas tabelas, elas estão melhor detalhadas no Apêndice I desta dissertação.

Tabela 1. Resultados do Teste de *Shapiro Wilk*.

Questão	Modelo	Contagem de fixação Relevante ( <i>fixRel</i> )		Contagem de fixação irrelevante ( <i>fixIrrel</i> )		<i>avgAlpha</i>		<i>avgGamma</i>		<i>Duration</i> (ms)		Duração média de fixações relevantes ( <i>avgDurFixRel</i> )		Duração média de fixações irrelevantes ( <i>avgDurFixIrrel</i> )	
		W	<i>p-value</i>	W	<i>p-value</i>	W	<i>p-value</i>	W	<i>p-value</i>	W	<i>p-value</i>	W	<i>p-value</i>	W	<i>p-value</i>
1	CD	<b>0.9178</b>	<b>0.0788</b>	<b>0.9179</b>	<b>0.0789</b>	<b>0.8780</b>	<b>0.0134</b>	<b>0.7878</b>	<b>0.0004</b>	0.9576	0.4685	<b>0.8399</b>	<b>0.0029</b>	<b>0.9067</b>	<b>0.0472</b>
	SD	<b>0.7962</b>	<b>0.0006</b>	<b>0.9169</b>	<b>0.0753</b>	<b>0.9063</b>	<b>0.0465</b>	<b>0.9125</b>	<b>0.0614</b>	<b>0.9215</b>	<b>0.0929</b>	<b>0.7225</b>	<b>0.0001*</b>	0.9573	0.4627
2	CD	<b>0.8516</b>	<b>0.0045</b>	<b>0.8946</b>	<b>0.0275</b>	<b>0.8938</b>	<b>0.0265</b>	<b>0.8694</b>	<b>0.0093</b>	<b>0.7937</b>	<b>0.0005</b>	<b>0.9040</b>	<b>0.0418</b>	<b>0.9123</b>	<b>0.0610</b>
	SD	<b>0.7766</b>	<b>0.0003</b>	<b>0.7474</b>	<b>0.0001*</b>	<b>0.7511</b>	<b>0.0001*</b>	0.9369	0.1890	<b>0.6078</b>	<b>0.0001*</b>	<b>0.8306</b>	<b>0.0020</b>	0.9732	0.8021
3	CD	<b>0.8823</b>	<b>0.0161</b>	0.9346	0.1704	<b>0.8583</b>	<b>0.0059</b>	<b>0.8601</b>	<b>0.0064</b>	0.9403	0.2212	0.9801	0.9272	0.9419	0.2377
	SD	<b>0.9108</b>	<b>0.0569</b>	0.9584	0.4850	<b>0.8986</b>	<b>0.0329</b>	0.9754	0.8461	0.9655	0.6334	0.9381	0.2000	<b>0.9098</b>	<b>0.0543</b>
4	CD	<b>0.8300</b>	<b>0.0020</b>	0.9275	0.1225	<b>0.8553</b>	<b>0.0052</b>	<b>0.7873</b>	<b>0.0004</b>	<b>0.8169</b>	<b>0.0012</b>	<b>0.9043</b>	<b>0.0424</b>	<b>0.8191</b>	<b>0.0013</b>
	SD	0.9323	0.1528	<b>0.7424</b>	<b>0.0001*</b>	<b>0.9089</b>	<b>0.0521</b>	<b>0.8834</b>	<b>0.0169</b>	<b>0.8093</b>	<b>0.0009</b>	0.9314	0.1467	0.9239	0.1040
5	CD	<b>0.7623</b>	<b>0.0002</b>	<b>0.8119</b>	<b>0.0010</b>	<b>0.8708</b>	<b>0.0099</b>	<b>0.8417</b>	<b>0.0013</b>	0.9674	0.6750	<b>0.8046</b>	<b>0.0008</b>	0.5928	<b>0.0001*</b>
	SD	<b>0.8912</b>	<b>0.0237</b>	0.8653	0.6287	<b>0.8567</b>	<b>0.0056</b>	<b>0.8223</b>	<b>0.0015</b>	<b>0.8659</b>	<b>0.0081</b>	<b>0.8994</b>	<b>0.0340</b>	<b>0.9197</b>	<b>0.0856</b>
6	CD	<b>0.9195</b>	<b>0.0846</b>	0.9294	0.1337	<b>0.8496</b>	<b>0.0042</b>	<b>0.8665</b>	<b>0.0083</b>	<b>0.7762</b>	<b>0.0003</b>	0.9283	0.1271	0.9636	0.5919
	SD	<b>0.8484</b>	<b>0.0040</b>	<b>0.5731</b>	<b>0.0001*</b>	<b>0.8771</b>	<b>0.0129</b>	0.9413	0.2308	<b>0.8672</b>	<b>0.0085</b>	0.9636	0.5918	<b>0.8596</b>	<b>0.0062</b>
7	CD	<b>0.7372</b>	<b>0.0001*</b>	<b>0.7320</b>	<b>0.0001*</b>	<b>0.8389</b>	<b>0.0028</b>	<b>0.5110</b>	<b>0.0001*</b>	<b>0.8703</b>	<b>0.0097</b>	<b>0.9039</b>	<b>0.0416</b>	<b>0.7004</b>	<b>0.0001*</b>
	SD	<b>0.7504</b>	<b>0.0001*</b>	0.9605	0.5254	<b>0.9106</b>	<b>0.0564</b>	<b>0.8787</b>	<b>0.0138</b>	<b>0.8774</b>	<b>0.0131</b>	<b>0.8866</b>	<b>0.0194</b>	<b>0.8912</b>	<b>0.0237</b>
8	CD	<b>0.8732</b>	<b>0.0110</b>	0.9559	0.4369	<b>0.8715</b>	<b>0.0102</b>	<b>0.6550</b>	<b>0.0001*</b>	0.9373	0.1924	<b>0.9111</b>	<b>0.0577</b>	0.9558	0.4350
	SD	<b>0.9031</b>	<b>0.0402</b>	<b>0.8555</b>	<b>0.0053</b>	0.9303	0.1396	<b>0.8155</b>	<b>0.0011</b>	<b>0.8483</b>	<b>0.0040</b>	0.9679	0.6866	0.9647	0.6162
9	CD	<b>0.9213</b>	<b>0.0920</b>	<b>0.8501</b>	<b>0.0053</b>	<b>0.8189</b>	<b>0.0017</b>	<b>0.7968</b>	<b>0.0008</b>	0.9350	0.1927	<b>0.8590</b>	<b>0.0061</b>	<b>0.7263</b>	<b>0.0001*</b>
	SD	<b>0.8739</b>	<b>0.0113</b>	<b>0.8207</b>	<b>0.0014</b>	<b>0.8286</b>	<b>0.0019</b>	<b>0.9192</b>	<b>0.0837</b>	0.9254	0.1113	<b>0.8827</b>	<b>0.0164</b>	<b>0.7711</b>	<b>0.0002</b>
10	CD	<b>0.7670</b>	<b>0.0002</b>	<b>0.7146</b>	<b>0.0001*</b>	<b>0.8644</b>	<b>0.0076</b>	<b>0.7565</b>	<b>0.0002</b>	0.9239	0.1040	<b>0.7980</b>	<b>0.0006</b>	<b>0.9076</b>	<b>0.0492</b>
	SD	<b>0.8911</b>	<b>0.0236</b>	<b>0.8906</b>	<b>0.0231</b>	<b>0.9153</b>	<b>0.0698</b>	0.9258	0.1135	<b>0.7713</b>	<b>0.0002</b>	<b>0.9124</b>	<b>0.0611</b>	0.9348	0.1717
11	CD	<b>0.9229</b>	<b>0.0992</b>	<b>0.7048</b>	<b>0.0001*</b>	0.9288	0.1300	<b>0.8574</b>	<b>0.0057</b>	<b>0.6990</b>	<b>0.0001*</b>	<b>0.9141</b>	<b>0.0661</b>	<b>0.7992</b>	<b>0.0006</b>
	SD	0.9550	0.4216	<b>0.7950</b>	<b>0.0006</b>	<b>0.8887</b>	<b>0.0213</b>	<b>0.9070</b>	<b>0.0480</b>	<b>0.9104</b>	<b>0.0558</b>	<b>0.8175</b>	<b>0.0012</b>	0.9633	0.5843
12	CD	<b>0.8236</b>	<b>0.0015</b>	<b>0.5800</b>	<b>0.0001*</b>	<b>0.8863</b>	<b>0.0191</b>	<b>0.7999</b>	<b>0.0007</b>	<b>0.6944</b>	<b>0.0001*</b>	0.5020	<b>0.0001*</b>	0.9518	0.3690
	SD	0.9477	0.3075	<b>0.8481</b>	<b>0.0039</b>	<b>0.8717</b>	<b>0.0103</b>	<b>0.8757</b>	<b>0.0122</b>	<b>0.7708</b>	<b>0.0002</b>	<b>0.8984</b>	<b>0.0325</b>	0.9319	0.1500
13	CD	0.9680	0.6892	<b>0.8524</b>	<b>0.0047</b>	<b>0.9071</b>	<b>0.0482</b>	<b>0.8232</b>	<b>0.0015</b>	<b>0.8011</b>	<b>0.0007</b>	0.7389	<b>0.0001*</b>	<b>0.8555</b>	<b>0.0053</b>
	SD	0.9372	0.1919	<b>0.8346</b>	<b>0.0023</b>	<b>0.8828</b>	<b>0.0165</b>	<b>0.9191</b>	<b>0.0832</b>	0.9242	0.1053	<b>0.9131</b>	<b>0.0633</b>	<b>0.7647</b>	<b>0.0002</b>
14	CD	0.9468	0.2953	<b>0.8639</b>	<b>0.0074</b>	<b>0.4949</b>	<b>0.0001*</b>	<b>0.8668</b>	<b>0.0084</b>	<b>0.8330</b>	<b>0.0022</b>	<b>0.8613</b>	<b>0.0067</b>	<b>0.7752</b>	<b>0.0003</b>
	SD	0.9398	0.2161	<b>0.7836</b>	<b>0.0004</b>	<b>0.8536</b>	<b>0.0049</b>	<b>0.9118</b>	<b>0.0596</b>	<b>0.9082</b>	<b>0.0506</b>	<b>0.8575</b>	<b>0.0057</b>	<b>0.9216</b>	<b>0.0933</b>

\**p-value* < 0.0001

Tabela 2. Resultados do Teste de Mann Withney.

Questão	Contagem de fixação Relevante ( <i>fixRel</i> )		Contagem de fixação irrelevante ( <i>fixIrrel</i> )		AVG onda <i>alpha</i>		AVG onda <i>gamma</i>		<i>Duration</i> (ms)		Duração média de fixações relevantes ( <i>avgDurFixRel</i> )		Duração média de fixações irrelevantes ( <i>avgDurFixIrrel</i> )	
	W	<i>p-value</i>	W	<i>p-value</i>	W	<i>p-value</i>	W	<i>p-value</i>	W	<i>p-value</i>	W	<i>p-value</i>	W	<i>p-value</i>
1	235	0.7247	168	0.1908	243	0.5800	212	0.8405	184	0.3651	227	0.8800	230	0.8209
2	244.5	0.5542	172	0.2272	243	0.5800	172	0.2272	231	0.8014	205	0.7059	221	0.9999
3	220.5	0.9999	111	<b>0.0061</b>	230	0.8209	167	0.1824	195	0.5294	250	0.4657	209	0.7820
4	199.5	0.6061	146	<b>0.0627</b>	230	0.8209	144	<b>0.0559</b>	210	0.8014	244	0.5629	<b>149</b>	<b>0.0741</b>
5	162	0.1446	160.5	0.1344	228	0.8602	184	0.3651	195	0.5294	171	0.2177	<b>134</b>	<b>0.0305</b>
6	230	0.8209	235.5	0.7153	224	0.9398	157	0.1130	145	<b>0.0592</b>	279	0.1446	246	0.5294
7	185	0.3785	231.5	0.7916	250	0.4657	200	0.6149	185	0.3786	226	0.8999	262	0.3023
8	263.5	0.2849	187.5	0.4136	230	0.8209	160	0.1312	208	0.7628	222	0.9799	191	0.4657
9	257	0.3648	239	0.4572	252	0.2791	181	0.4573	245	0.3682	254	0.4065	212.5	0.9584
10	206.5	0.7341	190.5	0.4580	237	0.6873	182	0.3391	226	0.8999	205	0.7053	220	0.9999
11	215.5	0.9098	138.5	<b>0.0403</b>	232	0.7820	192	0.4812	195	0.5294	204	0.6873	176	0.2684
12	217	0.9398	214.5	0.8899	219	0.9799	185	0.3786	213	0.8602	173	0.2370	218	0.9599
13	271.5	0.2037	146	<b>0.0627</b>	216	0.9198	179	0.3024	260	0.3266	280	0.1378	174	0.2472
14	285	0.1073	235	0.7247	222	0.9799	185	0.3786	212	0.8405	231	0.8014	225	0.9198

\**p*-valor < 0.10

Tabela 3. Sumarização dos Resultados do teste de Mann Whitney.

Questão	Contagem de fixação irrelevante ( <i>fixIrrel</i> )		<i>avgGamma</i>		<i>Duration</i> (ms)		Duração média de fixações irrelevantes ( <i>AvgDurFixIrrel</i> )	
	W	<i>p-value</i>	W	<i>p-value</i>	W	<i>p-value</i>	W	<i>p-value</i>
3	111	<b>0.0061</b>	167	0.1824	195	0.5294	209	0.7820
4	146	<b>0.0627</b>	144	<b>0.0559</b>	210	0.8014	149	<b>0.0741</b>
5	160.5	0.1344	184	0.3651	195	0.5294	134	<b>0.0305</b>
6	235.5	0.7153	157	0.1130	145	<b>0.0592</b>	246	0.5294
11	138.5	<b>0.0403</b>	192	0.4812	195	0.5294	176	0.2684
13	146	<b>0.0627</b>	179	0.3024	260	0.3266	174	0.2472

A próxima subseção apresenta, de forma mais detalhada, a análise estatística aqui realizada para validar este estudo no contexto das dimensões supracitadas.

## 6.2.1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Segundo Laue e Gadatsch (2010), atribuir perguntas à sujeitos experimentais, sobre o conteúdo de um ou mais modelos e mensurar a assertividade para as respostas, é um método usual de avaliação da compreensibilidade desses modelos. Assim, como já ressaltado, esta pesquisa utilizou o questionário de exatidão para tal tarefa. Logo, após a aplicação deste questionário, com os dois grupos, foi realizado uma análise estatística usando o teste não-paramétrico de *Mann Whitney* para todas as questões deste questionário. Porém, para ratificar ou refutar a hipótese nula, foi utilizado o *p-value* com nível de significância de  $\alpha$  igual 10% (0,10).

Dentro deste contexto, o passo inicial da análise foi calcular algumas medidas descritivas dos dados, sempre agrupando o grupo de interesse (com e sem as diretrizes - CD e SD) para cada questão, dividindo esse valor pela quantidade de acerto e erro. Assim, para cada variável supracitada, em cada uma das questões, foi necessário calcular o número de participantes que acertaram, que erraram, a média da variável, o desvio padrão, a assimetria e a curtose. As definições sobre essas variáveis, assim como as fórmulas para realização dos cálculos, encontram-se no Apêndice I.

Uma visão geral, sempre, comparando os dois modelos, CD e SD, pode ser vista nas Tabela 4, avaliando a exatidão das respostas dos participantes, por meio das fixações irrelevantes (*fixIrrel*). A Tabela 5, avaliando no mesmo contexto, os valores em relação à onda *gamma* (*AvgGamma*). A Tabela 6, destaca a variável *Duration* (em milissegundos); e, por fim, a Tabela 7 com os dados relacionados à facilidade, por meio da duração média de fixações

irrelevantes dos participantes (*AvgDurfixIrrel*). Cabe ressaltar que essas tabelas foram construídas, exclusivamente, com as questões validadas como estatisticamente significativas, relacionadas às supracitadas dimensões que definem a análise cognitiva dos participantes.

Tabela 4. Avaliação da Exatidão – *fixIrrel*.

Questão	Modelo	Status da Resposta	Nº	Média	Média Global
3	CD	Acerto	11	307,27	349,81
		Erro	10	396,60	
	SD	Acerto	12	502,50	
		Erro	9	696,22	
4	CD	Acerto	12	336,17	365,67
		Erro	9	405,00	
	SD	Acerto	9	569,78	
		Erro	12	700,83	
11	CD	Acerto	10	285,30	309,86
		Erro	11	332,18	
	SD	Acerto	6	298,83	
		Erro	15	534,60	
13	CD	Acerto	16	169,49	231,13
		Erro	15	428,40	
	SD	Acerto	11	205,82	
		Erro	10	643,50	

Analisando-se a Tabela 4, pode-se perceber em todas as questões, estatisticamente significativas, que a média de contagens de fixações irrelevantes (*fixIrrel*) nos modelos CD, são sempre menores que as do modelo SD. Sendo a maior média do modelo CD, relacionada à questão 4 com média de contagem de fixação relevante de 336,17 para 12 participantes que acertaram a questão. Mas, para o modelo SD, a maior média de acertos se encontra, na mesma questão, é 569,78, correspondendo a 9 participantes que acertaram. Essa abordagem também pode ser aplicada as médias de erros relacionadas a todas as questões, comparando-se os mesmos modelos, CD e SD. Ou seja, de forma geral, todas as médias de contagens de fixações irrelevantes dos modelos CD foram menores que as dos modelos SD.

Logo, é evidente que a média de fixações nas áreas irrelevantes no modelo SD é consistentemente maior do que no modelo CD. Isso indica que a falta de diretrizes no modelo SD resultou em dificuldades para os participantes encontrarem as respostas corretas, levando-os a passar a maior parte do tempo em áreas irrelevantes e, conseqüentemente, a cometerem erros nessas questões. Assim, os resultados apresentados na Tabela 4 indicam uma possível inferência de que o modelo SD requer uma maior concentração para uma compreensão aprimorada dos modelos BPMN e, conseqüentemente, um melhor desempenho em termos de assertividade nas respostas.

A Tabela 5 apresenta a média na variável *avgGamma*, que representa o nível de ondas *gamma* relacionadas à atenção ou CTM dos participantes ao realizar uma tarefa. Essas médias estão associadas aos estados cognitivos dos participantes, como alerta, agitação, gestão das informações. Aqui é relevante ressaltar que apenas a quarta questão demonstrou significância estatística, portanto, essa tabela ilustra exclusivamente os dados referentes a essa questão.

Tabela 5. Avaliação da Exatidão – *avgGamma*.

Questão	Modelo	Status da Resposta	Nº	Média	Média Global
4	CD	Acerto	12	8191.95	7427.41
		Erro	9	6408.01	
	SD	Acerto	9	9382.06	10278.58
		Erro	12	10950.96	

Ao analisar a Tabela 5, é possível observar que as médias das ondas *gamma* no modelo CD, em comparação aos SD, são menores tanto para erros quanto para acertos. Isso sugere uma tendência de maior da carga de trabalho mental nas tarefas relacionadas ao modelo que não possui diretrizes de *layout* (SD). A variável *avgGamma* está diretamente relacionada à carga de trabalho mental, ou seja, quanto maior a carga de trabalho mental, maior será essa onda *gamma*. Conforme ilustrado na tabela em análise, os participantes que realizam tarefas de compreensão no modelo SD enfrentam uma carga de trabalho mental maior para entender o modelo BPMN sem as diretrizes, em comparação aos participantes que executam a mesma tarefa com o modelo que possui as diretrizes.

A Tabela 6 é relacionada à avaliação da velocidade e apresenta a média com a variável *duration*, que representa o tempo médio global gasto pelos participantes em relação às questões. Ao comparar os modelos CD e SD, destaca-se apenas a sexta questão como estatisticamente significativa.

Tabela 6. Avaliação da Velocidade – *Duration* (ms).

Questão	Modelo	Status da Resposta	Nº	Média	Média Global
6	CD	Acerto	20	36195.98	35253.46
		Erro	1	16403.00	
	SD	Acerto	19	41944.79	45122.19
		Erro	2	75307.50	

Ao analisar a variável *duration* (*milissegundos*), apresentada na Tabela 6, é possível constatar que, em termos gerais, os participantes que responderam ao modelo CD obtiveram um desempenho melhor em relação à assertividade e à rapidez nas respostas, quando comparados aos participantes que responderam questões sobre o modelo SD. O modelo CD

demonstra uma possível melhor compreensibilidade, uma vez que os participantes precisaram de menos tempo para responder corretamente às questões relacionadas a esse modelo, em comparação ao modelo SD. Isso reforça a ideia de que o modelo CD permite uma resposta mais ágil e precisa por parte dos participantes.

Na Tabela 7, é possível observar, de forma geral, a média de duração de fixações em áreas de interesse irrelevante (*AvgDurFixIrrel*) durante as respostas dos participantes às questões.

Tabela 7. Avaliação da Facilidade – *avgDurfixIrrel*.

Questão	Modelo	Status da Resposta	Nº	Média	Média Global
4	CD	Acerto	12	77.02	108,92
		Erro	9	151.45	
	SD	Acerto	9	162.87	
		Erro	12	127.39	
5	CD	Acerto	12	50.00	48.70
		Erro	9	22.67	
	SD	Acerto	9	79.39	
		Erro	12	95.94	

Ao analisar o tempo médio de duração das respostas dos participantes, observa-se que, em geral, aqueles que responderam ao modelo CD passaram menos tempo em áreas de interesse irrelevantes, ou seja, nas áreas que não oferecem possibilidade de acertos, em comparação aos participantes que responderam ao modelo SD. Com base nesses resultados, podem ser inferidas duas possíveis razões. Primeiramente, a organização visual do modelo CD é presumivelmente mais compreensível, o que permitiu respostas mais corretas mesmo sem fixar o olhar nas áreas de interesse relevantes para a resposta. Em segundo lugar, é possível inferir que, de forma geral, quanto maior a média de fixação em áreas irrelevante, ou seja, em área que não contém indícios de resposta correta, maior é a probabilidade de erro na questão, especialmente quando o modelo não está intuitivamente organizado com as diretrizes, o que pode ser evidenciado na Tabela 7. Conclui-se, portanto, que os participantes que responderam ao modelo CD tiveram mais facilidade nas questões em comparação àqueles que responderam o modelo SD.

A próxima subseção apresenta uma validação das hipóteses que foram apresentadas na seção 5.2.2.

## 6.2.2 VALIDAÇÃO DAS HIPÓTESES

A validação das hipóteses foi realizada ao comparar os dois modelos, CD e SD, levando em consideração todas as respostas, tanto corretas quanto erradas, de forma conjunta. Após

optar pelo uso exclusivo do teste não paramétrico de *Mann Whitney*, o teste foi aplicado diretamente, pois não requer avaliação de pressupostos. No teste de *Mann Whitney* utilizado nesta análise, a hipótese nula assume a igualdade entre a média do grupo de participantes que responderam ao questionário utilizando o modelo CD e a média dos participantes que responderam ao questionário utilizando o modelo SD. Por sua vez, a hipótese alternativa sugere a existência de diferença entre as médias dos grupos.

Neste estudo, foram estabelecidas três hipóteses para investigar se as diretrizes têm uma influência estatisticamente significativa em relação à exatidão, velocidade e facilidade (ver subseção 5.2.2). Com base nos resultados do teste de *Mann Withney*, foi possível constatar que as três hipóteses foram confirmadas, indicando de fato a influência das diretrizes na compreensibilidade dos modelos BPMN, cada uma delas relacionada às suas respectivas variáveis.

Em relação à exatidão, foi encontrada uma estatística significativa na variável *fixIrrel* (consulte a Tabela 3), com um nível de significância de  $p\text{-value} > 0,10$ . Essa significância foi confirmada pela Tabela 5 estatística descritiva (ver Tabela 4), na qual pode-se observar que o modelo CD, no qual foram inseridas as diretrizes de *layout*, apresentou uma melhor compreensibilidade em comparação ao modelo SD, que não possui as diretrizes de *layout*. Isso se refletiu em uma maior assertividade nas respostas, mesmo sem o foco nas áreas de interesse relevantes. Essa análise também pode ser entendida para a variável *avgGamma* (ver Tabela 5), na qual foi observada uma carga de trabalho mental maior nos modelos SD em comparação aos modelos CD.

No que diz respeito à velocidade, tanto em termos de significância estatística (ver Tabela 3) quanto em relação à variável *duration* (em milissegundos) (ver Tabela 6), observa-se que o modelo CD apresenta um melhor desempenho em termos de maior assertividade nas respostas e menor tempo de duração para respondê-las, o que reflete uma melhor compreensibilidade em comparação aos modelos SD.

Em relação à facilidade, também foi encontrada uma estatística significativa, ao utilizar a variável *avgDurfixIrrel* (ver Tabela 3). Isso evidencia que um modelo visualmente organizado, com diretrizes de *layout* adequadamente inseridas, pode facilitar a compreensibilidade, mesmo quando não se está focado nas áreas de interesse relevantes (ver Tabela 7).

De forma geral, foram encontradas evidências estatisticamente significativas em seis questões, considerando um nível de significância de 10%, para as diferentes variáveis, o que permite afirmar que há diferença entre o grupo de respondentes que utilizou o modelo CD e o

grupo que utilizou o modelo SD (ver Tabela 3). Em uma análise mais detalhada, essas diferenças foram observadas na contagem de fixações irrelevantes (*fixIrrel*) nas de número 3, 4, 11 e 13 (ver Tabela 4); na média das ondas *gammas* (*avgGamma*) na questão 4 (ver Tabela 5); na duração (*duration*) na questão 6 (ver Tabela 6); e na duração média de fixações irrelevantes (*avgDurFixIrrel*) nas questões 4 e 5 (ver Tabela 7). No entanto, não foram encontradas evidências estatisticamente significativas para afirmar que há diferença na utilização dos dois modelos (CD e SD) nas variáveis: contagem de fixações relevantes (*fixRel*), média das ondas *alpha* (*avgAlpha*) e duração média de fixações relevantes (*avgDurFixRel*).

Com base nessas análises, a próxima seção apresenta as diretrizes que se demonstraram, a partir deste *quasi*-experimento, cognitivamente validadas para serem aplicadas nos modelos de processos em BPMN.

### 6.3 DIRETRIZES COGNITIVAMENTE VALIDADAS

Prosseguindo com a análise, foi realizada uma correlação entre as questões identificadas como estatisticamente significativas, as diretrizes de *layout* e os elementos em BPMN testados em cada questão (ver Tabela 8).

Tabela 8. Questões Estatisticamente Significativas *versus* Diretrizes de *Layout*.

Questão	Elemento BPMN Testado	Diretriz
3	<i>Gateway Paralelo</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usar cores para destacar os elementos do modelo;</li> <li>- Minimizar o número de curvas nos fluxos de sequência;               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Simetria nos elementos do modelo;</li> </ul> </li> <li>- Manter próximos elementos que têm o mesmo objetivo.</li> </ul>
4	<i>Loop</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usar cores para destacar os elementos do modelo;</li> <li>- Fluir o processo da esquerda para a direita;</li> <li>- Minimizar o número de curvas nos fluxos de sequência;               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar o cruzamento dos fluxos de sequência;</li> <li>- Simetria nos elementos do modelo;</li> </ul> </li> <li>- Manter próximos elementos que têm o mesmo objetivo.</li> </ul>
5	Pré-condição da atividade " <i>Verificar Documentação</i> "	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usar cores para destacar os elementos do modelo;</li> <li>- Minimizar o número de curvas nos fluxos de sequência;               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar o cruzamento dos fluxos de sequência;</li> <li>- Simetria nos elementos do modelo.</li> </ul> </li> </ul>
6	<i>Gateway Exclusivo</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usar cores para destacar os elementos do modelo;</li> <li>- Fluir o processo da esquerda para a direita.</li> </ul>
11	Evento de Mensagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usar cores para destacar os elementos do modelo;</li> <li>- Fluir o processo da esquerda para a direita;</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minimizar o número de curvas nos fluxos de sequência;</li> <li>- Evitar o cruzamento dos fluxos de sequência;</li> <li>- Simetria nos elementos do modelo</li> </ul>
13	Atividade	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manter próximos elementos que têm o mesmo objetivo.</li> </ul>

Com base na Tabela 8, foi possível identificar as diretrizes que se mostraram cognitivamente relevantes para melhorar a compreensão dos modelos de processo em BPMN.

A diretriz “*Usar cores para destacar os elementos do modelo*” foi evidenciada em todas as questões estatisticamente significativas. Essa diretriz também obteve forte apoio por parte dos participantes, conforme indicado pelo questionário de facilidade, no qual 80,95% dos que responderam ao modelo CD concordaram ou concordaram totalmente que o uso de cores influencia na compreensibilidade. Da mesma forma 76,19% dos participantes que responderam ao modelo SD concordaram ou concordaram totalmente que a ausência de cor influencia a compreensibilidade dos modelos de processo em BPMN.

As diretrizes “*Minimizar o número de curvas nos fluxos de sequência*”, “*Evitar o cruzamento dos fluxos de sequência*” e “*Fluir o processo da esquerda para a direita*” estão relacionadas aos diferentes tipos de *gateways* (e.g., exclusivo, paralelo, inclusivo, etc.) e são fundamentais para a tomada de decisão dentro do modelo de processo. Essas diretrizes não apenas estão estarem presentes nas questões identificadas na tabela 8, mas também são respaldadas pelo questionário de facilidade, no qual nenhum participante indicou dificuldade nas tomadas de decisão nos modelos CD. Em contrapartida, apenas um pequeno percentual de 4,76% dos participantes relatou dificuldade no modelo SD, o que indica uma melhor compreensibilidade do modelo CD.

As diretrizes “*Simetria nos elementos do modelo*” e “*Manter próximos elementos que têm o mesmo objetivo*” estão relacionadas à organização dos modelos de processos. Essas diretrizes podem ser correlacionadas com a facilidade de compreensão dos participantes, conforme revelado pelo questionário de facilidade. De uma forma geral, a maioria dos participantes que responderam ao modelo SD relatou uma maior dificuldade em comparação ao modelo CD, concordando ou concordando parcialmente que a organização percebida do modelo SD dificultou a compreensão. Com base nessa perspectiva, é possível inferir que o modelo com diretrizes de *layout*, ou seja, o modelo CD, apresenta melhor compreensibilidade.

Por fim, é importante ressaltar que duas diretrizes não foram validadas devido à sua ausência nos modelos apresentados. Essas diretrizes são: (i) a “*modelar o processo em uma única página (de tamanho A3)*”, que não foi aplicada devido à restrição do tamanho do monitor

utilizado durante o experimento. Ambos os modelos, com e sem as diretrizes, foram projetados dentro desse formato para evitar o uso da barra de rolagem (do inglês, *scroll*), que introduziria uma variável adicional durante a experimentação; (ii) “evitar a sobreposição de elemento”, que não foi aplicada devido à sua importância. Se a ausência dessa diretriz fosse seguida, poderia resultar na omissão de alguns artefatos do modelo que estivessem posicionados sob outros artefatos, comprometendo a legibilidade completa do modelo.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

Esta seção tem como finalidade apresentar as considerações finais deste estudo, oferecendo uma síntese sobre a pesquisa realizada e seus principais resultados, bem como as limitações encontradas durante o processo e sugestões para os trabalhos futuros.

### 7.1 SÍNTESE DA PESQUISA

Esta dissertação teve como objetivo principal investigar o impacto das diretrizes de *layout* em modelos de processo em BPMN na compreensibilidade, considerando uma abordagem cognitiva. Para atingir esse objetivo, foi conduzido um *quasi*-experimento com a participação de 42 indivíduos, os quais responderam a questionários socioculturais e de facilidade, além de participarem de testes de precisão (ou exatidão) utilizando modelos BPMN com ou sem diretrizes de *layout*. Dos 42 participantes, 21 foram designados para executar tarefas de compreensão em um modelo BPMN com as diretrizes de *layout*, enquanto os outros 21 participantes realizaram as mesmas tarefas com um modelo sem as diretrizes. Para apoiar os testes, foram utilizados um dispositivo de rastreamento ocular e um outro de EEG, proporcionando uma análise mais aprofundada em relação a cognição desses participantes.

Neste estudo, a pesquisadora manipulou o *layout* como variável independente, inserindo diretrizes de *layout* em um modelo BPMN com as diretrizes, CD, em comparação com um outro modelo sem as diretrizes, SD. O objetivo foi analisar o impacto dessa variável independente (*layout*) na variável dependente, aqui definida como compreensão. Para tal, o estudo foi fundamentado na eficácia cognitiva, considerando as suas três dimensões determinantes: exatidão, velocidade e facilidade. Essas três dimensões foram estatisticamente significativas na comparação entre esses modelos, evidenciando a importância dessas diretrizes na comparação dos modelos BPMN.

Na interpretação dos resultados deste estudo, foram consideradas tanto a estatística descritiva quanto a relevância estatística medida por meio do teste de hipótese de *Mann Withney*, com um *p-value* < 0,10. Essa análise foi conduzida após a coleta de dados por meio de um questionário de exatidão, como parte do *quasi*-experimento realizado previamente. As dimensões em questão foram avaliadas com base nas variáveis definidas para a mensuração desses resultados, permitindo uma análise abrangente dos dados coletados.

Para avaliar a exatidão foi utilizada quatro variáveis, sendo elas: (i) *fixRel*, que contabilizou as fixações nas áreas de interesse relevantes; (ii) *fixIrrel*, que contabilizou as fixações nas áreas de interesses irrelevantes; (iii) *avgAlpha*, que mediu a média das ondas cerebrais *alpha*; e (iv) *avgGamma*, que mediu a média das ondas cerebrais *gamma*. As duas primeiras variáveis foram obtidas por meio do rastreamento ocular, enquanto as duas últimas foram captadas pelo EEG, o *neurosky*, para a correlação da carga de trabalho mental. Os resultados das variáveis *fixIrrel* e *avgGamma* confirmaram estatisticamente a influência das diretrizes no modelo CD. Em outras palavras, foi possível constatar diferença estatisticamente significativa na compreensão ao comparar o modelo com as diretrizes de *layout* (CD) com o modelo sem as diretrizes (SD).

Na análise dimensão velocidade, foi utilizado a variável *duration* (em milissegundos) para medir o tempo de resposta dos participantes em responder as questões, por meio do dispositivo de rastreamento ocular. Essa variável revelou um resultado estatisticamente significativo, indicando uma diferença em relação à velocidade em responder com precisão o modelo CD em comparação com o modelo SD. Portanto, é possível inferir que a inclusão das diretrizes de *layout* promove uma maior compreensão, resultando em uma maior velocidade de entendimento.

Por fim, na análise da facilidade, foi utilizada as variáveis *avgDurFixRel* e *avgDurFixIrrel*, que representam a duração média das fixações relevantes e irrelevantes, respectivamente, tendo sido mensuradas pelo dispositivo de rastreamento ocular. O resultado obtido para a facilidade, com base na variável *avgDurFixIrrel*, revelou uma diferença estatisticamente significativa na média de duração de fixações irrelevantes em favor do modelo CD. Isso indica que o modelo CD proporcionou uma maior facilidade nas suas tarefas, em comparação com o modelo SD, no que diz respeito à duração das fixações irrelevantes. Em outras palavras, os participantes encontraram uma maior facilidade ao realizar as tarefas relacionadas ao modelo CD, em comparação com o modelo SD.

Por fim, com base nessas análises, é possível concluir que as diretrizes de *layout* utilizadas (ver Tabela 8) desempenham um papel crucial na compreensão dos modelos BPMN por parte de todos os envolvidos. Os resultados obtidos sugerem que é altamente recomendável a aplicação dessas diretrizes em todos os modelos BPMN, beneficiando tanto os *stakeholders* envolvidos na análise e tomada de decisões, quanto aqueles que serão responsáveis pela implementação dos processos.

Sobre esta pesquisa, ela destacou a importância de considerar os aspectos cognitivos ao projetar modelos de processo em BPMN, demonstrando os benefícios claros que podem ser

alcançados ao aplicar as diretrizes de *layout*. No entanto, é importante ressaltar que existem outras variáveis e fatores que também podem influenciar a compreensão dos modelos BPMN, que podem ser explorados em pesquisas futuras. Em resumo, este estudo reforça a importância das diretrizes de *layout* na compreensão dos modelos BPMN e recomenda sua aplicação para aprimorar a comunicação e a usabilidade desses modelos. Espera-se que a confirmação dessas descobertas possa contribuir para a prática da modelagem de processos e inspirem novas pesquisas na área, explorando ainda mais os aspectos cognitivos e os efeitos das diretrizes de *layout* em outros contextos e domínios.

## 7.2 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Expressar as limitações de um estudo é uma etapa crucial para garantir a validade e robustez da pesquisa, demonstrando o conhecimento da pesquisadora sobre o fenômeno investigado. Neste sentido, este trabalho apresentou limitações que surgiram ao longo de sua realização, sendo elas:

- Realização durante o período pandêmico da Covid 19: o estudo foi conduzido em um contexto desafiador, no qual as restrições impostas pela pandemia impossibilitaram, durante um grande período, a realização das atividades de pesquisa de forma presencial. Essa limitação pode ter influenciado na dinâmica da coleta de dados e na interação entre a pesquisadora e os participantes;
- Disponibilidade de tempo para análise dos dados biométricos: a interpretação e análise dos dados obtidos a partir dos dispositivos de rastreamento ocular e EEG demandam tempo e expertise. No contexto deste estudo, devido às restrições de tempo, foi necessário um grande esforço no aprofundamento desses dados para a compreensão dessas medidas biométricas;
- Dificuldade na calibração do dispositivo de rastreamento ocular: durante o experimento, foi observada a dificuldade na calibração mínima do dispositivo de rastreamento ocular em alguns participantes que apresentavam problemas visuais, como miopia, astigmatismo ou que utilizavam óculos. Essas dificuldades comprometeram a participação de alguns indivíduos no estudo, resultando na exclusão de cinco participantes que não conseguiram realizar calibração mínima.

É importante ressaltar que essas limitações impactaram o desenvolvimento da pesquisa, podendo ter influenciado nos resultados e na generalização dos achados. No entanto, ao

identificar essas limitações, reforça-se o compromisso com a transparência e a honestidade científica, proporcionando *insights* valiosos para pesquisas futuras. Portanto, recomenda-se abordar essas limitações como oportunidades de aprimoramento, buscando superá-las em futuros estudos e aprofundando a compreensão do fenômeno investigado.

A próxima subseção apresenta alguns desses trabalhos que futuramente vão poder ser explorados para comunidade científica.

### 7.3 TRABALHOS FUTUROS

Com base nos resultados desta pesquisa e nos possíveis desdobramentos que o *quasi*-experimento aqui realizado pode proporcionar, bem como levando em consideração as diversas diretrizes referenciadas na literatura, surgem várias oportunidades para pesquisas futuras no campo do *layout* de modelos de processos, com aplicação ou não de diretrizes de *layout*. A seguir, destacam-se algumas opções promissoras de estudos futuros:

- Analisar as mesmas diretrizes de *layout* investigadas nessa pesquisa, porém aplicadas em modelos de processo com maior complexidade. Isso permitirá avaliar a eficácia dessas diretrizes em cenários mais desafiadores, fornecendo *insights* valiosos sobre sua aplicabilidade em contextos mais abrangentes
- Investigar o comportamento das outras ondas cerebrais, além das analisadas nesta pesquisa, em relação à compreensibilidade dos modelos de processo. Explorar outras medidas biométricas, como as ondas beta ou *theta*, poderia fornecer uma visão mais abrangente e detalhada dos processos cognitivos envolvidos na compreensão dos modelos de processo;
- Investigar os impactos das diretrizes de modelagem de processos na comunicação entre projetistas, por meio de rastreamento ocular. Essa abordagem permitiria analisar como a aplicação das diretrizes de *layout* influencia a forma como os profissionais envolvidos na modelagem de processos comunicam e interpretam as informações representadas durante a concepção dos modelos.

Essas são apenas algumas das possíveis linhas de pesquisa que podem ser exploradas no futuro. O campo da modelagem de processos apresenta uma ampla gama de diretrizes e práticas que podem ser investigadas em relação ao *layout* dos modelos, abrindo caminho para avanços significativos na compreensão e no aprimoramento dessa área.

## REFERÊNCIAS

AALST, WMP van der. Business Process Management: A Comprehensive Survey. ISRN Software Engineering, Hindawi Limited, v. 2013, p. 1-37, 2013.

AGUILAR, E. et al. An exploratory experiment to validate measures for business process models. First international conference on research, n. 1, p. 271–280, 2007.

ABPMP – Association of Business Process Management Professionals. BPM CBOK V3.0: guia para o gerenciamento de processos de negócio (3ª ed). ABPMP Brasil, 2015.

ABPMP. Guia para o Gerenciamento de Processos de Negócio Corpo Comum de Conhecimento. 1. ed. Association of Business Process Management Professionals, 2013.

ANDREASSI, J. L., (2000). Psychophysiology: Human Behavior Physiological Response, 4 ed. Psychology Press, Hove, U.K.

ANDREASSI, J. L. (2010). Psychophysiology: Human behavior and physiological response. Psychology Press.

ARKILIC, G.; REIJERS, H.A; GOVERDE, R.R.H.M.J. (2013). How Good Is an AS-IS Model Really? In: BPM 2012 Workshops, LNBIP 132, pp. 89–100, 2013. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013.

ALVES, Alexandre et al. (Eds). Web Services Business Process Execution Language Version 2.0. OASIS, 2007. Disponível em: <<http://docs.oasis-open.org/wsbpel/2.0/OS/wsbpel-v2.0-OS.html>>.

ALVES FILHO, B. Processos organizacionais: simplificação e racionalização. São Paulo: Atlas, 2011.

ÁVILA, D.T.: Process Modeling guidelines: systematic literature review and experiment. Master's thesis, Federal University of Rio Grande do Sul, Institute of Informatics, Graduate Program in Informatics, Porto Alegre, 2018.

BENEDETTO, S., PEDROTTI, M., MINIM. L., BACCINO. T., RE, A., MONTANARI, R. Driver workload and eye blink duration. Transportation Research Part F, volume 14, p. 199–208, 2011.

BERNSTEIN, Vered.; SOFFER, Pnina. How does it look? exploring meaningful layout features of process models. Advanced Information Systems Engineering Workshops, v. 215, n. 1, p. 81–86, 2015.

BOS A.S; DONATO, L. G.; VETTORI, M.; ZARO, MILTON A. Effects of the binaural wave as a stimulus for student hyperattention: brain frequency records without interactive media context. JOURNAL OF EDUCATIONAL COMPUTING RESEARCH, v. 7, p. 208-213, 2020.

BUSJAHN, T., BEDNARIK, R., BEGEL, A., CROSBY, M., PATERSON, J. H., SCHULTE, C., TAMM, S. Eye movements in code reading: Relaxing the linear order. In 2015 IEEE 23rd International Conference on Program Comprehension (pp. 255-265), 2015. IEEE.

CARTER, B.; LUKEY. S. Melhores práticas em pesquisa de rastreamento ocular. *Jornal Internacional de Psicofisiologia* 155, 49–62, 2020.

CHEN, C.M.; S.H. HUANG Web-based reading annotation system with an attention-based self-regulated learning mechanism for promoting reading performance *British Journal of Educational Technology*, 45 (5) (2014), pp. 959-980.

CHINOSI, M.; TROMBETTA, A. Bpmn: An introduction to the standard. *Computer Standards & Interfaces*, Elsevier, v. 34, n. 1, p. 124–134, 2012.

CHURCHILL JR., Gilbert. A. A Paradim for Developing Better Measures of for Constructs. *Journal of Marketing Research*, v. 16, n. 1, p. 64–73, 2012.

COMTE, A. Curso de filosofia positiva / Discurso sobre o espírito positivo / Discurso preliminar sobre o conjunto do positivismo / Catecismo positivista. São Paulo: Abril Cultural, 1978.

COOPER, Donald R.; SCHINDLER, Pamela S. Métodos de pesquisa em administração. 7 ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.

COOPER, Donald R.; Schindler, Pamela S. Métodos de pesquisa em administração. 10. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

COOK, T.D.; CAMPBELL, D.T. Quasi-experimentation – Design and Analysis Issues for Field Settings. Houghton Mifflin Company, Boston, 1979.

COSENZA, R.M. Neurociência e educação: como o cérebro aprende. Ramon M. Cosenza, Leonor B. Guerra- Porto Alegre: Artmed, 2011.

CRESWELL, John W. Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto. Porto Alegre: Bookman, 2010.

CRESWELL, J. W. Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. Sage, 2013.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. Introdução: a disciplina e a prática da pesquisa qualitativa. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (Orgs.). O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, p. 15-47, 2006.

DIKICI, A., TURETKEN, O., DEMIRÖRS, O. Factors influencing the understandability of process models. *Information and Software Technology*, v. 93, Issue C, p. 112–129, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2017.09.001>.

DOGUSOY-TAYLAN, Berrin; CAGILTAY, Kursat. Cognitive analysis of experts' and novices' concept mapping processes: An eye tracking study. *Computers in human behavior*, v. 36, p. 82-93, 2014.

DUARTE, R., SILVEIRA, D., BRITO, V.D., LOPES, C.S. (2021). A systematic literature review on the usage of eye-tracking in understanding process models. *Business Process Management Journal*.

DUCHOWSKI, A. *Eye Tracking Methodology: Theory and Practice*, Springer, Londres, 2017. doi: 10.1007/978-1-4471-3750-4.

DUMAS, M. et al. Understanding business process models: The costs and benefits of structuredness. *CAiSE '12 Proceedings, LNCS 7328*, p. 31–46, 2012.

DUMAS, M., LA ROSA, M., MENDLING, J., REIJERS, H. A. *Fundamentals of business process management (Vol. 1, p. 2)*, 2013. Heidelberg: Springer.

DUMAS, M.; ROSA, M.; MENDLING, J.; REIJERS, H.A. *Fundamentals of Business Process Management*, 2nd ed., Springer, Berlin, Heidelberg, 2018. DOI: 10.1007/978-3-662-56509-4.

DUTRA, L. H. A. **Introdução à epistemologia**. São Paulo: Editora UNESP, 2010.

EFFINGER, Philip.; JOGSCH, Nicole.; SEIZ, Sandra. On a Study of Layout Aesthetics for Business Process Models Using BPMN. *International Workshop on Business Process Modeling Notation*. v. 67 LNBIP, p. 31–45, 2010.

FERNANDEZ-ROPERO, M. et al. Assessing the best-order for business process model refactoring. *Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on Applied Computing*, p. 1397–1402, 2013.

FIGL, K.; MENDLING, J.; STREMBECK, M.; RECKER, J. On the cognitive effectiveness of routing symbols in process modeling languages. In: *International Conference on Business Information Systems*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010. p. 230-241.

FIGL, K.; STREMBECK, M. On the importance of flow direction in business process models. In: *Proceedings of the 9th International Conference on Software Engineering and Applications*. [S.l.]: SCITEPRESS - Science and and Technology Publications, 2014. p. 132–136. ISBN 978-989-758-036-9.

FIGL, K.; STREMBECK, M. Findings from an experiment on flow direction of business process models. *Proceedings of the 6th International Workshop on Enterprise Modelling and Information Systems Architectures (EMISA 2015)*, p. 59–73, 2015. ISSN 16175468.

FIGL, K.; LAUE, R. Cognitive complexity in business process modeling. In: H. Mouratidis, H; Rolland, C. Eds. *Advanced Information Systems Engineering (CAiSE 2011)*. Springer: Berlin, Heidelberg, 2011, p. 452–466.

FIGL, K. Comprehension of procedural visual business process models: A literature review. *Business and Information Systems Engineering, Springer Fachmedien Wiesbaden*, v. 59, n. 1, p. 41–67, 2017. ISSN 18670202.

FLEISCHMANN, A. What is S-BPM? In: H. Buchwald, A. et al., Eds. *S-BPM ONE – Setting the Stage for Subject-Oriented Business Process Management*. Springer: Berlin Heidelberg, 2010.p. 85–106.

FONSECA, J. Metodologia da pesquisa científica. Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza. 2002.

GEMINO, A.; WAND, Y. A framework for empirical evaluation of conceptual modeling techniques. *Requirements Engineering*, Springer, v. 9, n. 4, p. 248–260, 2004.

GEVINS, A., SMITH, M. E., LEONG, H., MCEVOY, L., WHITFIELD, S., DU, R., & RUSH, G. (1998). Monitoring working memory load during computer-based tasks with EEG pattern recognition methods. *Human factors*, 40(1), 79-91.

GEVINS, A., SMITH, M. E. Neurophysiological measures of cognitive workload during human-computer interaction. *Theoretical issues in ergonomics science*, 4(1-2), 113-131, 2003.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GRUHN, V.; LAUE, R. Reducing the cognitive complexity of business process models. In: 2009 8th IEEE International Conference on Cognitive Informatics. [S.l.]: IEEE, 2009. p. 339–345. ISBN 978-1-4244-4642-1.

GSCHWIND, T.; PINGERRA, J.; ZUGAL, S; REIJERS, HA. A linear time layout algorithm for business process models. *Journal of Visual Languages & Computing*, v. 25, n. 2, p. 117–132, apr 2014. ISSN 1045926X.

GUBA, E. G., LINCOLN, Y.S. Competing paradigms in qualitative research. In: DENZIN, N.K., LINCOLN, Y.S. (eds.). *Handbook of Qualitative Research*. Thousand Oaks: Sage, 1994.

HAIR JR., J. F.; BABIN, B.; MONEY, A. H.; SAMOUEL, P. Fundamentos de métodos de pesquisa em administração. Porto Alegre: Bookman, 2007.

HAISJACKL, C.; PINGGERA, J.; SOFFER, P.; ZUGAL, S.; YI LIN. S.; WEBER, B. Identifying Quality Issues. In: *BPMN Models: an Exploratory Study*. Lecture Notes in Business Information Processing. [S.l.]: Springer, Cham, 2015. v. 214, p. 217–230.

HARMON, Paul. *Business Process Chance - A Business Process Management Guide for Managers and Process Professionals*. 4th ed. Elsevier Inc., 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2017-0-02868-9>.

HARMON, Paul; WOLF, Celia. *Business Process Modeling Survey*. Tech. rep., Business Process Trends. 2011. Disponível em: <https://www.bptrends.com>.

HOFSTEDE, A.; VAN DER AALST, W.; ADAMS, M.; RUSSELL, N. *Modern Business Process Automation: YAWL and Its Support Environment*, 1st ed. Springer Publishing Company, Incorporated, 2009.

HOLMQVIST, K., NYSTRÖM, M., ANDERSSON, R., DEWHURST, R., JARODZKA, H., Van de Weijer, J., 2011. *Eye Tracking: A Comprehensive Guide to Methods and Measures*. OUP, Oxford.

HOLL, A.; VALENTIN, G. Structured business process modeling (sbpm). In: *Information Systems Research in Scandinavia (IRIS 27)*. [S.l.: s.n.], 2004.

HOUY, C.; FETTKE, P.; LOOS, P. On the theoretical foundations of research into the understandability of business process models, 22nd Eur. Conf. Inf. Syst., 2014.

INDULSKA, Marta.; ZUR MUEHLEN, Michael; RECKER, Jan. Measuring method complexity: The case of the business process modeling notation. Tech. rep., 2009.

KAGDI, H.; YUSUF, S.; MALETIC, J. “On using eye tracking in empirical assessment of software visualizations”. Em: Proceedings of the 1st ACM international workshop on Empirical assessment of software engineering languages and technologies: held in conjunction with the 22nd IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering (ASE) 2007. ACM. 2007, pp. 21–22.

KAHLOUN, F.; CHANNOUCHI, S. A. Quality criteria and metrics for business process models in higher education domain: Case of a tracking of curriculum offers process. *Procedia Computer Science*, v. 100, p. 1016–1023, 2016. ISSN 18770509.

KOEHLER, J.; VANHATALO, J. Process anti-patterns: How to avoid the common traps of business process modeling. IBM ZRL Research Report 3678, v. 3678, p. 1–40, 2007.

KOSSAK, Felix. et al. (2014). *A Rigorous Semantics for BPMN 2.0 Process Diagrams*. Springer International Publishing. 2014.

KOSCHMIDER, A., FIGL, K. and SCHOKNECHT, A. (2016), “A comprehensive overview of visual design of process model element labels”, in Reichert, M. and Reijers, H.A. (Eds), *Business Process Management Workshops*, Vol. 256, Springer International Publishing, Cham, pp. 571-582.

KROGSTIE, J. *Model-Based Development and Evolution of Information Systems*. London: Springer London, 2012. ISBN 978-1-4471-2935-6.

KUMMER, T. F.; RECKER, J.; MENDLING, J. Enhancing understandability of process models through cultural-dependent color adjustments. *Decision Support Systems*, v. 87, p. 1–12, jul 2016. ISSN 01679236.

KUNZE, M.; LUEBBE, A.; WEIDLICH, M.; WESKE, M. Towards understanding process modeling—the case of the BPM academic initiative. In: *International Workshop on Business Process Modeling Notation*, Springer Berlin Heidelberg, pp. 44-58, 2011.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. *Metodologia do Trabalho Científico*. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2001.

LAKATOS, E.; MARCONI, M. *Fundamentos da metodologia científica*. In: *Fundamentos da metodologia científica*. 2010. p. 320-320.

LAUE, R; GADATTSCH, A. Measuring the understandability of business process models—Are we asking the right questions? In: *International Conference on Business Process Management*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010. p. 37-48.

LAUE, R.; MENDLING, J. Structuredness and its significance for correctness of process models. *Information Systems and e-Business Management*, v. 8, n. 3, p. 287–307, 2010. ISSN 16179846.

LAUDON, Kenneth. C; LAUDON, Jane P. Management information systems: managing the digital firm. 9th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2006.

LAUDON, Kenneth; LAUDON, Jane. Management information systems: managing the digital firm. 15 ed. São Paulo: Pearson, 2017.

LENT, R. Cem Bilhões de Neurônios. Conceitos Fundamentais de Neurociência - 2ª edição. Atheneu, 2010.

LEOPOLD, H.; RAMIR-HABIB, S.; MENDLING, J.; AZEVEDO, L.; BAIÃO, F. Detection of naming convention violations in process models for different languages. Decision Support Systems, Elsevier BV, v. 56, n. 1, p. 310–325, dec 2013. ISSN 01679236.

LEOPOLD, H.; MENDLING, J.; GÜNTHER, O. Learning from quality issues of bpmn models from industry. CEUR Workshop Proceedings, v. 1701, n. 1, p. 36–39, 2016.

LÜBKE, D.; AHRENS, M.; SCHNEIDER, K. Influence of diagram layout and scrolling on understandability of BPMN processes: an eye tracking experiment with BPMN diagrams. In: Information Technology and Management, 22:99–131, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10799-021-00327-7>

MAFRA, S. N.; TRAVASSOS, G. H. Estudos primários e secundários apoiando a busca por evidência em engenharia de software. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <http://www.cos.ufrj.br/uploadfiles/1149103120.pdf>. Acesso em: 29/04/2012.

MARCONI, M.; LAKATOS, E. Metodologia científica: ciência e conhecimento científico; métodos científicos; teoria, hipóteses e variáveis; metodologia jurídica. 3. ed. rev. ampl. São Paulo: Atlas, 2000.

MARCONI, M.; LAKATOS, E. Metodologia científica. São Paulo: Atlas, 2004.

MARQUES, B. P. Mineração de dados e neurociência: um estudo de sinais cerebrais com base na modulação da amplitude (Master's thesis), 2019.

MARTINS, G. A. Metodologias convencionais e não convencionais e a pesquisa em administração. Caderno de pesquisa em administração, v. 0, n. 0, 1994.

MCKNIGHT, P. E., & NAJAB, J. Mann-Whitney U Test. The Corsini encyclopedia of psychology, 1-1, 2010.

MELÃO, Nuno.; PIDD, Michael. A conceptual framework for understanding business processes and business process modelling. Information Systems Journal, 2000.

MENDLING, J.; REIJERS, H. A.; CARDOSO, J. What makes process models understandable? Business Process Management, Springer, p. 48–63, 2007. ISSN 19366426.

MENDLING, Jan; NEUMANN, Gustaf. Error Metrics for Business Process Models. In: CAiSE Forum. 2007. p. 53-56.

MENDLING, Jan; NEUMANN, Gustaf; Van Der AALST. (2007) Understanding the Occurrence of Errors in Process Models Based on Metrics.

MENDLING, Jan. Metrics for Process Models - Empirical Foundations of Verification, Error Prediction, and Guidelines for Correctness, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, v. 6 p. 194, 2008.

MENDLING, Jan.; STREMBECK, Mark. Influence Factors of Understanding Business Process Models. In: Witold Abramowicz; Dieter Fensel, Eds. Business Information Systems. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 142–153, 2008.

MENDLING, Jan; REIJERS, H.A.; VAN DER AALST, WIL, M. P. Seven Process Modeling Guidelines (7PMG). Information and Software Technology. v. 52, n. 2, p. 127-136. 2010.

MENDLING, J.; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L.; GARCIA, F.; LA ROSA, M. Thresholds for error probability measures of business process models. Journal of Systems and Software, v. 85, n. 5, p. 1188–1197, 2012. ISSN 01641212.

MENDLING, J. Managing structural and textual quality of business process models. In: Lecture Notes in Business Information Processing. [S.l.]: Springer, Berlin, Heidelberg, 2013. v. 162, p. 100–111. ISBN 9783642409189.

MENDLING Jan; et al. Blockchains for Business Process Management - Challenges and Opportunities. ACM Transactions on Management Information Systems, v. 9, n. 1, p. 1-16, 2018. <https://doi.org/10.1145/3183367>. DOI:10.1145/3183367.

MENDOZA, Vanessa. et al. Verifying BPMN Understandability with Novice Business Managers. In Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on Applied Computing (SAC). Association for Computing Machinery: New York, United States. 2018. pp. 94–101.

MILI, H.; TREMBLAY, G.; JAOUDE, G. B.; LEFEBVRE, E.; ELABED, L.; BOUSSAIDI, G. E. Business process modeling languages: Sorting through the alphabet soup. ACM Comput. Surv. 43, 1, Dec, 2010.

MILLER, Stephen J., SCOTT, Kendall., UHL, Axel., WEISE, Dirk. MDA Distilled: Principles of Model-Driven Architecture. São Paulo: Pearson. 2004.

MINAYO, M. C.; SANCHES, O. Quantitativo-qualitativo: oposição ou complementariedade? In: Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro, p. 239-262, 1993.

MOHER, T.G., MAK, D.C., Blumenthal, B., Leventhal, L.M.: Comparing the Comprehensibility of Textual and Graphical Programs: The Case of Petri Nets. In: Cook, C.R., Scholtz, J.C., Spohrer, J.C. (eds.) Empirical Studies of Programmers: Fifth Workshop: Papers Presented at the Fifth Workshop on Empirical Studies of Programmers, December 3-5, pp. 137–161. Ablex Pub. (1993).

MOODY, D. The "physics" of notations: a scientific approach to designing visual notations in software engineering. In: 2010 ACM/IEEE 32nd International Conference on Software Engineering. IEEE, 2009. p. 485-486.

MOODY, D e J. van HILLEGERSBERG. Evaluating the visual syntax of UML: An analysis of the cognitive effectiveness of the UML family of diagrams. Em: International Conference on Software Language Engineering. Springer. 2008, pp. 16–34.

MURUGAPPAN, M., NAGARAJAN, R., SAZALI, Y. Modified energy based time-frequency features for classifying human emotions using EEG. In Proceedings of the International Conference on Man-Machine Systems, 2009.

MYERS, M. D. Hermeneutics in Information. Social Theory and Philosophy for Information Systems. 2005 Apr 8:103.

NELSON, H. James. et al. A conceptual modeling quality framework. Software Quality Journal, Springer US, v. 20, n. 1, p. 201–228, mar 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11219-011-9136-9>>.

NEUROSKY MINDWAVE Disponível em:<<http://support.neurosky.com/kb/mindwave-mobile-2>> Acesso em: 17 de janeiro de 2023.

OMG-OBJECT MANAGEMENT GROUP. Business Process Model and Notation (BPMN). Version 2.0.2. Tech. rep., 2014. Disponível em: <<https://www.omg.org/spec/BPMN>>.

OMG-OBJECT MANAGEMENT GROUP. Unified Modeling Language ® (OMG UML®). Version 2.5.1. Tech. rep. 2017. Disponível em: <https://www.omg.org/spec/UML/About-UML/>.

PEREIRA, M. F.; JACOBSEN, A. L.; BIANCHI, I. S.; MORITZ, G. O. Modelo de Produção de Material Didático: O Uso da Notação BPMN em Curso a Distância. RAI Revista de Administração e Inovação, v. 8, n. 4, p. 45–66, 2011.

PETRE, M.: Why looking isn't always seeing: readership skills and graphical programming. Commun. ACM 38(6), 33–44 (1995).

PETRI, Carl. Adam. Kommunikation mit Automaten. Schriften des Rheinisch-Westfälischen Institutes für Instrumentelle Mathematik an der Universität Bonn Nr.2, 1962.

PETRUSEL, R., MENDLING, J., REIJERS, H. A. (2016). Task-specific visual cues for improving process model understanding. Information and Software Technology, 79, 63-78.

PETRUSEL, R., MENDLING, J., REIJERS, H.A. (2017), How visual cognition influences process model comprehension, Decision Support Systems, Vol. 96, pp. 1-16, doi: 10.1016/j.dss.2017.01.005.

PITTKKE, F.; LEOPOLD, H.; MENDLING, J. Spotting terminology deficiencies in process model repositories. In: Lecture Notes in Business Information Processing. [S.l.]: Springer Verlag, 2013. v. 147 LNBIP, p. 292–307. ISBN 9783642384837. ISSN 18651348.

POSNER MI, Rothbart MK, Ghassemzadeh H. Restoring Attention Networks. Yale J Biol Med. 25 de março de 2019; 92 (1): 139-143. PMID: 30923481; PMCID: PMC6430178.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2ª ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PURCHASE, H. Which aesthetic has the greatest effect on human understanding? In: Graph Drawing. [S.l.]: Springer Berlin Heidelberg, 1997. p. 248–261.

RAYNER, K. Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological bulletin*, 124(3), 372, 1998.

REBOLLEDO-MENDEZ, G.; REBOLLEDO-MENDEZ, DUNWELL, I.; MARTÍNEZ-MIRÓN, E. A.; VARGAS-CERDÁN, M. D.; DE FREITAS, S.; LIAROKAPIS, F.; GARCIA-GAONA, A. R. Assessing neurosky's usability to detect attention levels in an assessment exercise *Human computer interaction. New trends*, Springer, Berlin Heidelberg (2009), pp. 149-158.

RECKER, Jan. "Opportunities and constraints: the current struggle with BPMN". *Business Process Management Journal*, v. 16, n. 1, p. 181-201, 2010.

RECKER, J. Empirical investigation of the usefulness of gateway constructs in process models. *European Journal of Information Systems*, v. 22, n. 6, p. 673–689, 2013. ISSN 0960-085X.

REGGIO, G.; LEOTTA, M.; RICCA, F. "precise is better than light" a document analysis study about quality of business process models. In: *Empirical Requirements Engineering, EmpiRE 2011. Proceedings - 1st International Workshop*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 61–68. ISBN 9781457710766.

REIJERS, H.A., MENDLING, J.: A study into the factors that influence the understandability of business process models. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part A Systems and Humans*, v. 41, n. 3, p. 449–462, 2011. DOI:10.1109/TSMCA.2010.2087017.

REIJERS, H. A.; MENDLING, J.; DIJKMAN, R. M. Human and automatic modularizations of process models to enhance their comprehension. *Information Systems*, Elsevier, v. 36, n. 5, p. 881–897, 2011. ISSN 03064379.

RICHARDSON, R. J. *Pesquisa social*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

RODRIGUES, R. D. A., Barros, M. D. O., Revoredo, K., Azevedo, L. G., & Leopold, H. An experiment on process model understandability using textual work instructions and BPMN models. In: *2015 29th Brazilian Symposium on Software Engineering. IEEE*, 2015. p. 41-50.

ROLÓN, E.; SANCHES, L.; GARCIA, F.; RUIZ, F.; PIATTINI, M.; CAIVANO, D.; VISAGGIO, G. Prediction models for bpmn usability and maintainability. *2009 IEEE Conference on Commerce and Enterprise Computing, CEC 2009*, p. 383–390, 2009. ISSN 1530-1354.

RUSSELL, B. *Os problemas da filosofia*. Florianópolis: Comte: 2005.

dos SANTOS, Carlos Francisco Habekost . Incrementando a codificação da notação e modelo de processo de negócio. 2016. 67 f. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2016.

SANTOS, Mafalda. Avaliação da Eficácia Cognitiva de Modelos de Requisitos Orientados a Objetivos. Dissertação – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa. Lisboa, p. 251. 2016.

SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L., García, F., Ruiz, F., & Mendling, J. Quality indicators for business process models from a gateway complexity perspective. *Information and Software Technology*, v. 54, n. 11, p. 1159-1174, 2013.

SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L.; GARCÍA, F.; Ruiz, F.; PIATTINI, M. A case study about the improvement of business process models driven by indicators. *Software & Systems Modeling*, Springer Berlin Heidelberg, v. 16, n. 3, p. 759–788, 2017. ISSN 1619-1366.

SANTOS, M.; GRALHA, C.; GOULÃO, M.; ARAÚJO, J.; MOREIRA, A.; CAMBEIRO, J., “What is the Impact of Bad Layout in the Understandability of Social Goal Models?”, In 24th IEEE International Requirements Engineering Conference (RE’16). IEEE. 2016.

SCHALLES, Christian. *Usability Evaluation of Modeling Languages*, Wiesbaden, Alemanha: Springer Gabler, 2012. ISBN 978-3-658-00050-9.

SCHREPFER, M., Wolf, J., Mendling, J., & Reijers, H. A. (2009). The impact of secondary notation on process model understanding. In *IFIP Working Conference on The Practice of Enterprise Modeling* (pp. 161-175). Springer, Berlin, Heidelberg.

SCHREPFER, M. et al. The Impact of Secondary Notation on Process Model Understanding. *The Practice of Enterprise Modeling (Second IFIP WG 8.1 Working Conference, PoEM 2009, Stockholm, Sweden, November 18-19, 2009, Proceedings)*, p. 161–175, 2010.

SHAPIRO, S.; Wilk, M. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3/4), 591-611, 1965.

SHARAFI, H., SHAFFER, T., SHARIF, B. e GUEHENEUC, Y. “Métricas de rastreamento ocular em engenharia de software”, *Conferência de Engenharia de Software da Ásia-Pacífico (APSEC)*, pp. 96-103, 2015.

SCHEER, A.W. & NÜTTGENS, M. – *ARIS Architecture and Reference Models for Business Process Management in Business Process Management*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2000. p. 376-389.

SCHEDLBAUER, Martin J. *The Art of Business Process Modeling: the business analyst’s guide to process modeling with UML & BPMN*. Sudbury, Massachusetts: The Cathris Group, 2010.

SCHREPFER, M., WOLF, J., MENDLING, J., & REIJERS, H. A. (2009). The impact of secondary notation on process model understanding. In *IFIP Working Conference on The Practice of Enterprise Modeling* (pp. 161-175). Springer, Berlin, Heidelberg.

SCHÜETTE, Reinhard.; ROTTHOWE, Thomas. (1998). The Guidelines of Modeling - An Approach to Enhance the Quality in Information Models. In: Ling, T.-W., Ram, S., Li Lee, M. (eds.). *Conceptual Modeling – ER ’98*. Heidelberg: Springer, vol. 1507, 1998. p. 240–254., [https://doi.org/10.1007/978-3-540-49524-6\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-540-49524-6_20).

SCHULTZ, B. Levene's test for relative variation. *Systematic Zoology*, 34(4), 449-456, 1985.

SHARIF, B.; MALETIC, J., “An eye tracking study on the effects of layout in understanding the role of design patterns”. In IEEE International Conference on Software Maintenance, ICSM 2010 (2010a), pp. 1–10. ISSN: 1063-6773.

SHARIF, B.; MALETIC, J., “The effects of layout on detecting the role of design patterns”. in 23rd CSEE&T, 2010. IEEE. 2010 (2010b), pp. 41–48.

SHARIF, B.; MALETIC, J., “An empirical study on the comprehension of stereotyped UML class diagram layouts”. In Program Comprehension, 2009. ICPC '09. IEEE 17th International Conference on (2009), pp. 268–272. ISSN: 1063-6897.

SHARP, A; MCDERMOTT, P. Workflow modeling: tools for process improvement and application development. Norwood: Artech House, 2009.

SILVER, B. B. R. BPMN Method and Style: A levels-based methodology for BPM process modeling and improvement using BPMN 2.0. [S.l.]: Cody-Cassidy Press, 2009. 236 p. ISBN 0982368100.

SRIKARSEMSIRA, W; ROONGRUANGSUWAN, S. Comparative Analysis of Business Process Diagram Conventional Forms and Vendor-Specific Standards. In: Proceedings of the Fourth International Conference on eBusiness, November 19-20, 2005, Bangkok, Thailand.

SMITH, M. E., GEVINS, A. (2005, May). Neurophysiologic monitoring of mental workload and fatigue during operation of a flight simulator. In Biomonitoring for Physiological and Cognitive Performance during Military Operations (Vol. 5797, pp. 116-126). SPIE.

STÖRRLE, H., “Diagram Size vs. Layout Flaws: Understanding Quality Factors of UML Diagrams”. In Proceedings of the 10th ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement. ACM. 2016, p. 31.

STÖRRLE, H., “On the impact of layout quality to understanding UML diagrams: size matters”. In International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems. Springer. 2014, pp. 518–534.

STÖRRLE, H., “On the impact of layout quality to understanding UML diagrams: Diagram type and expertise”. In Proceedings of IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing, VL/HCC (2012), pp. 49–56. ISSN: 19436092.

STÖRRLE, H., “On the impact of layout quality to understanding UML diagrams”. In 2011 IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing. 2011, pp. 135–142.

STÖRRLE, H., Baltsen, N., Christoffersen, H., Maier, A.M., “On the impact of diagram layout: How are models actually read?” In CEUR Workshop Proceedings. Vol. 1258. 2014, pp. 31–35.

SR Research. (2001). Eye Link II. <http://www.sr-research.com>.

TOKUHAMA-ESPINOSA, T. (2008). The scientifically substantiated art of teaching: A study in the development of standards in the new academic field of neuroeducation (mind, brain, and education science). Capella University, MN, USA.

TOKUHAMA-ESPINOSA, T. The new science of teaching and learning: Using the best of mind, brain, and education science in the classroom. New York, NY: Columbia University's Teachers College Press, 2015.

TRAVASSOS, G. H.; GUROV, D.; AMARAL, E. A. G. Introdução à engenharia de software experimental. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2002. Disponível em: <http://www.ufpa.br/cdesouza/teaching/topes/4-ES-Experimental.pdf>. Acesso em: 07/03/2012.

TURETKEN, O. et al. The effect of modularity representation and presentation medium on the understandability of business process models in bpmn. In: Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). [S.l.]: Springer, Cham, 2016. v. 9850 LNCS, p. 289–307. ISBN 978-3-319-45348-4.

VERGARA, S. C. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2003.

VERGARA, Sylvia. Constant. Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

WAINER, J. Métodos de pesquisa quantitativa e qualitativa para a Ciência da Computação. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2007.

WEBER, B., REICHERT, M. Refactoring process models in large process repositories. In International Conference on Advanced Information Systems Engineering (pp. 124-139), 2008. Springer, Berlin, Heidelberg.

WEBER, B., Reichert, M., Mendling, J., & Reijers, H.A. (2011). Refactoring large process model repositories. Computers in Industry, Elsevier BV, Vol. 62 No. 5, pp. 467-486.

WESENBERG, H. Modelagem empresarial em um mundo ágil. In: NOTAS DE AULA SOBRE NEGÓCIOS PROCESSANDO INFORMAÇÃO. [SI]: Berlin Heidelberg: Springer, 2011. p. 126-130.

WESKE, Mathias. Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures. 2nd edn. Berlin: Springer, 2012.

WOHLIN C, RUNESON P, HÖST M, OHLSSON MC, REGNELL B, WESSLÉN A. Experimentation in software engineering. Springer, Berlin, 2012.

ZAGERMANN, J., PFEIL, U, e REITERER, H. “Measuring Cognitive Load using Eye Tracking Technology in Visual Computing”. Em: BELIV'16: Proceedings of the Sixth Workshop on Beyond Time and Errors on Novel Evaluation Methods for Visualization. 2016, pp. 78–85.

# APÊNDICES

## APÊNDICE A – Carta de Consentimento



### Carta de Informação de Consentimento

#### Informações aos Participantes

Este trabalho experimental que está sendo realizado pelo Núcleo de Pesquisa em Sistemas de Informação (NEPSI). O NEPSI é um grupo de pesquisa com professores da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e Universidade de Pernambuco (UPE).

Todas as informações declaradas como parte deste experimento (*Uma Análise da Influência das Diretrizes de Layout em Modelos de Processos em Relação à Compreensibilidade*) são confidenciais e assim serão mantidas. O prof. Denis Silveira é responsável por este experimento e pode ser contatado em: [dsilveira@ufpe.br](mailto:dsilveira@ufpe.br) ou no Centro de Ciências Sociais Aplicadas (CCSA) da UFPE, sala D27.

Sobre o experimento, enfatiza-se que:

- sua participação é inteiramente voluntária;
- você é livre para se recusar a responder a qualquer pergunta;
- você é livre para desistir a qualquer momento.

O experimento será mantido em sigilo absoluto e será disponibilizado apenas aos membros da equipe da pesquisa ou, caso ocorra avaliação externa da qualidade, aos avaliadores nas mesmas condições de confidencialidade. Porém, os dados coletados neste experimento vão fazer parte de um relatório final de pesquisa, mas sob nenhuma circunstância seu nome ou qualquer característica de identificação será incluído nesse relatório.

Recife, de de 2021.

Prof. Denis Silva da Silveira

# APÊNDICE B – Questionário Sociocultural



## Questionário Sociocultural

- 1) **Nome completo:** \_\_\_\_\_
- 2) **Qual é a sua formação?**
  - a) Em humanas (e.g., Administração, Economia, etc.).
  - b) Em exatas (e.g., Engenharia, Ciência da Computação, etc.).
  - c) Em outras.
- 3) **Se em outras, qual?** \_\_\_\_\_
- 4) **Tipo de experiência com modelagem de processos de negócio?**
  - a) Acadêmica.
  - b) Profissional.
  - c) Em ambas.
- 5) **Se a experiência for profissional, qual é o seu tempo de atuação com modelagem de processos?**
  - a) Menos de um ano.
  - b) De 1 a 3 anos.
  - c) De 3 a 5 anos.
  - d) Mais de 5 anos.
- 6) **Se a experiência for acadêmica, quantos cursos/disciplinas você realizou?**
  - a) Um curso/disciplina.
  - b) Dois cursos/disciplinas.
  - c) Três cursos/disciplinas.
  - d) Quatro ou mais cursos/disciplinas.



**7) Quantos modelos de processos você criou ou editou nos últimos 12 meses?**

- a) Nenhum.
- b) Um modelo de processo.
- c) Entre dois e quatro modelos de processo.
- d) Mais de quatro modelos de processo.

**8) Quantas atividades esses modelos tinham em média?**

- a) Nunca trabalhei com modelos de processos de negócios antes.
- b) Entre cinco e quinze atividades.
- c) Entre quinze e trinta atividades.
- d) Mais de trinta atividades.

**9) Você tem experiência de trabalho relacionada à Gestão de Processos de Negócios?**

- a) Não.
- b) Sim, entre dois e seis meses.
- c) Sim, entre seis meses e um ano.
- d) Sim, mais de um ano.

**10) Há quanto tempo (meses/anos) você começou a usar o BPMN?**

- a) Eu nunca usei BPMN antes.
- b) Entre 1 e 6 meses.
- c) Entre 7 e 12 meses.
- d) Mais de um ano.

**11) Se for mais de um ano, especifique quantos anos: \_\_\_\_\_**



RESPONDA AS DEMAIS QUESTÕES DE ACORDO COM O SEU SENTIMENTO

- 12) Sinto-me muito familiarizado com modelagem de processos.**
- a) Discordo totalmente.
  - b) Discordo.
  - c) Concordo.
  - d) Concordo totalmente.
- 13) Sinto-me muito familiarizado com a notação BPMN.**
- a) Discordo totalmente.
  - b) Discordo.
  - c) Concordo.
  - d) Concordo totalmente.
- 14) Sinto-me muito confiante em entender os modelos de processo BPMN.**
- a) Discordo totalmente.
  - b) Discordo.
  - c) Concordo.
  - d) Concordo totalmente.
- 15) Sinto-me muito competente em usar BPMN para modelagem de processos.**
- a) Discordo totalmente.
  - b) Discordo.
  - c) Concordo.
  - d) Concordo totalmente.



# APÊNDICE C – Questionário de Exatidão com Diretrizes de *Layout*

**1) O setor de atendimento inicia a sua participação no processo...**

a) ... Se o proprietário estiver cadastrado.

b) ... Se o imóvel estiver alugado.

c) ... Se o imóvel estiver cadastrado.

d) ... Se o proprietário solicitar uma avaliação.

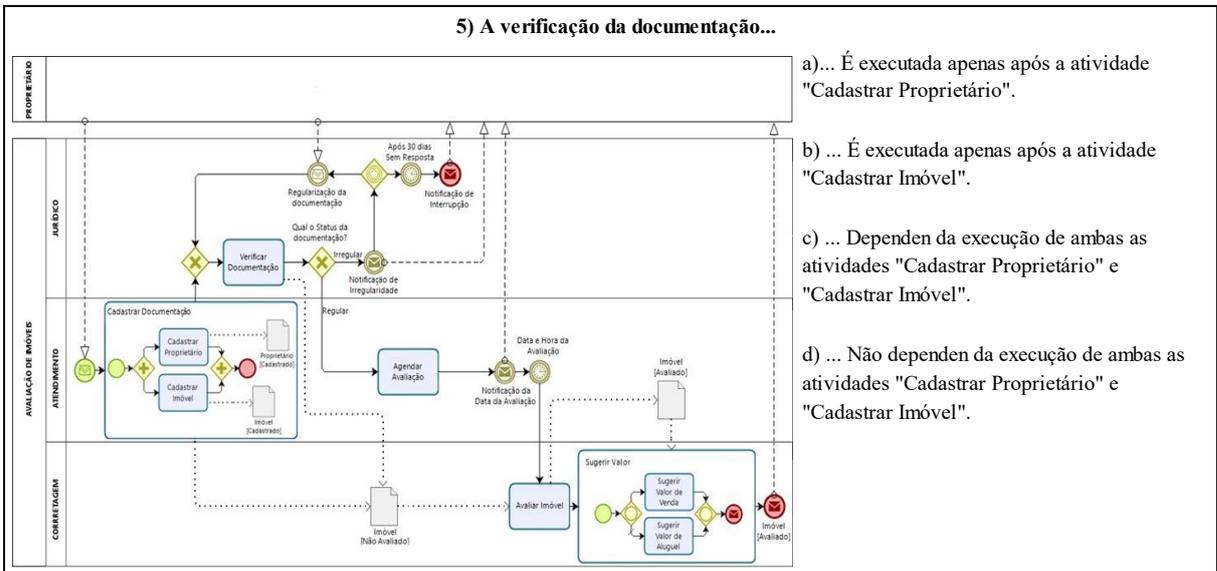
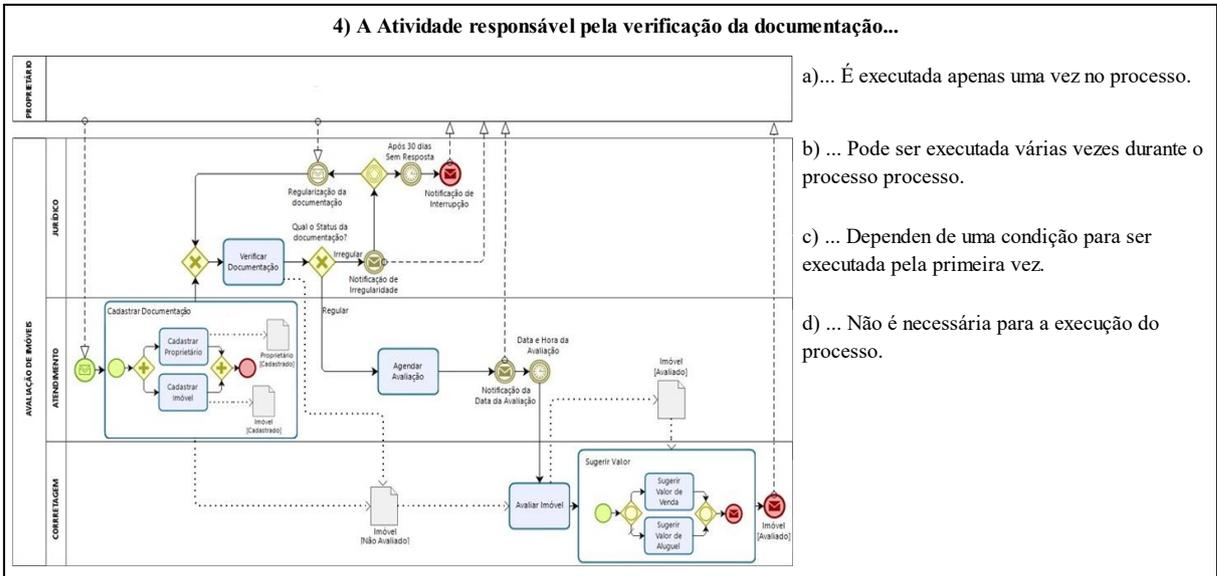
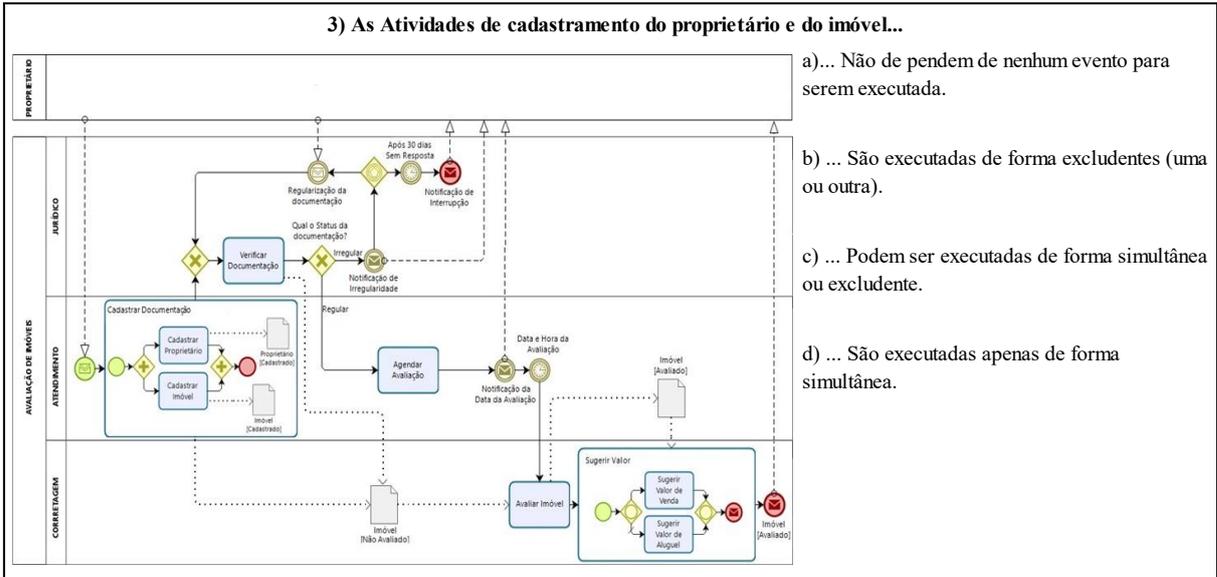
**2) Qual o ator que inicia o processo?**

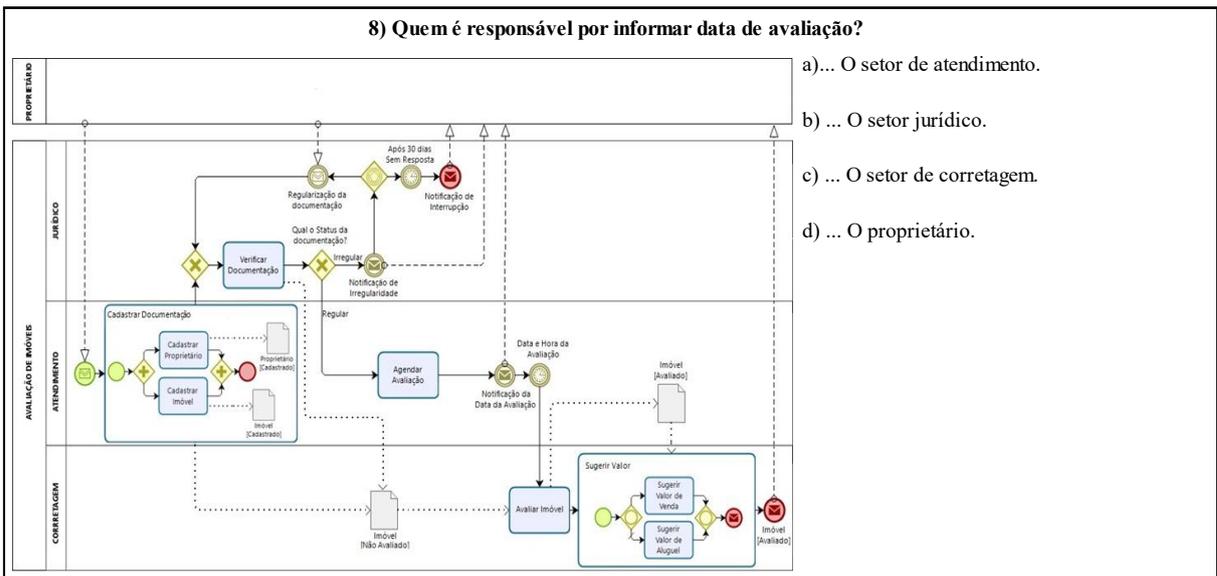
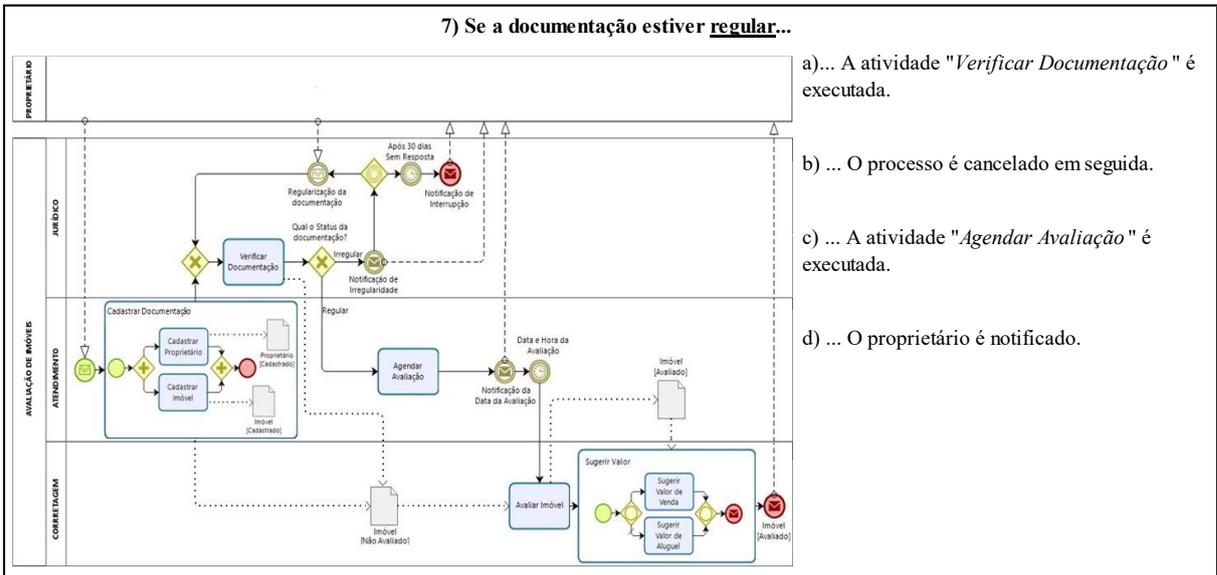
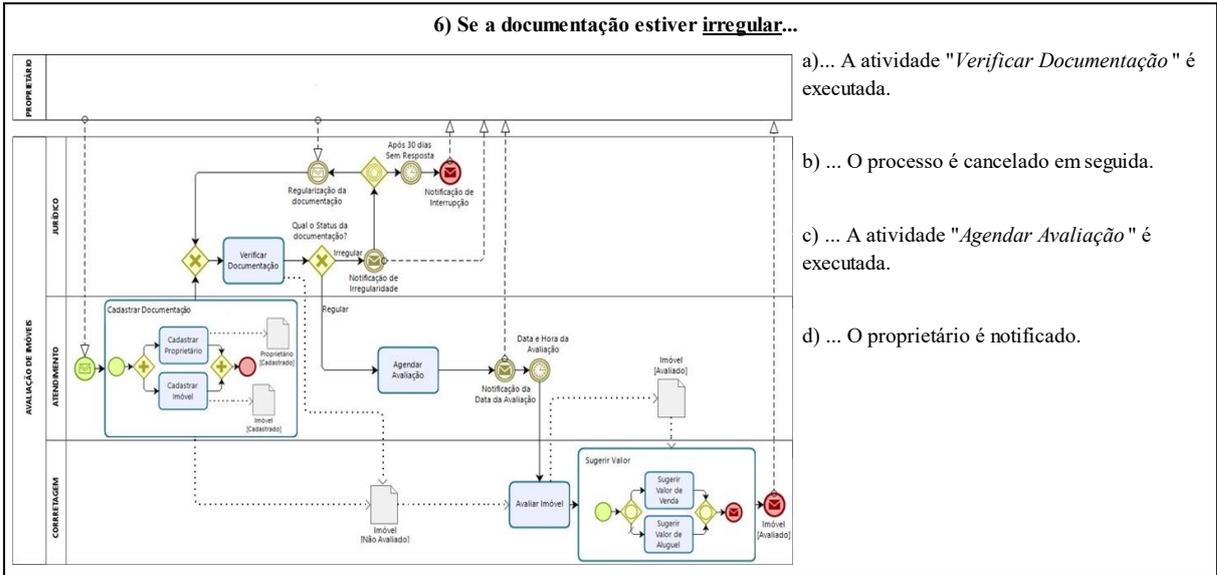
a) ... O setor jurídico.

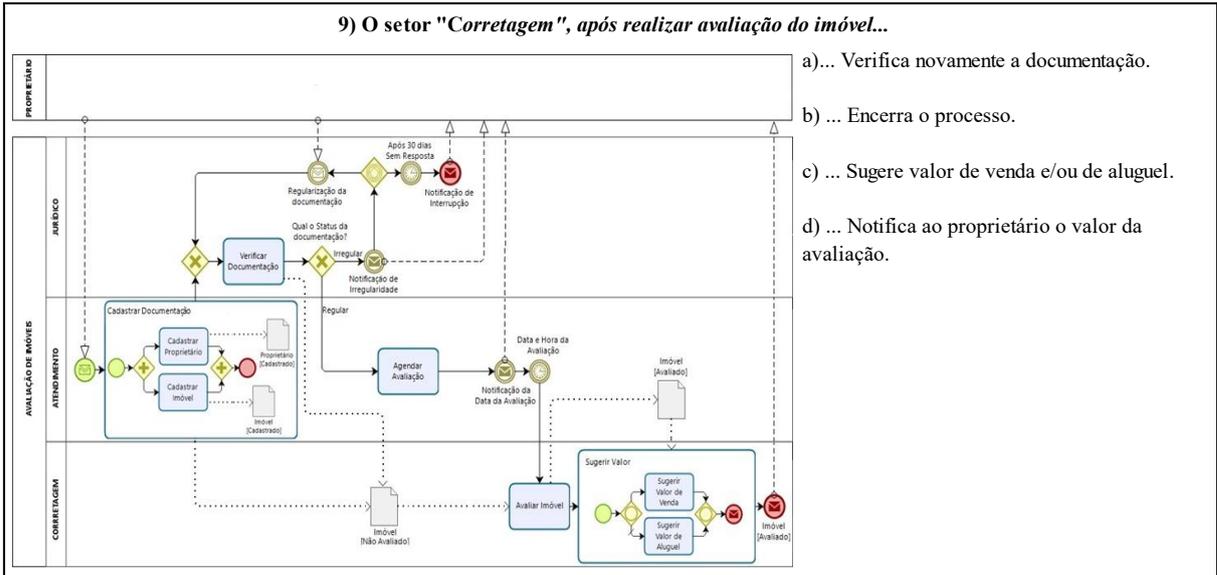
b) ... O proprietário.

c) ... O setor de atendimento.

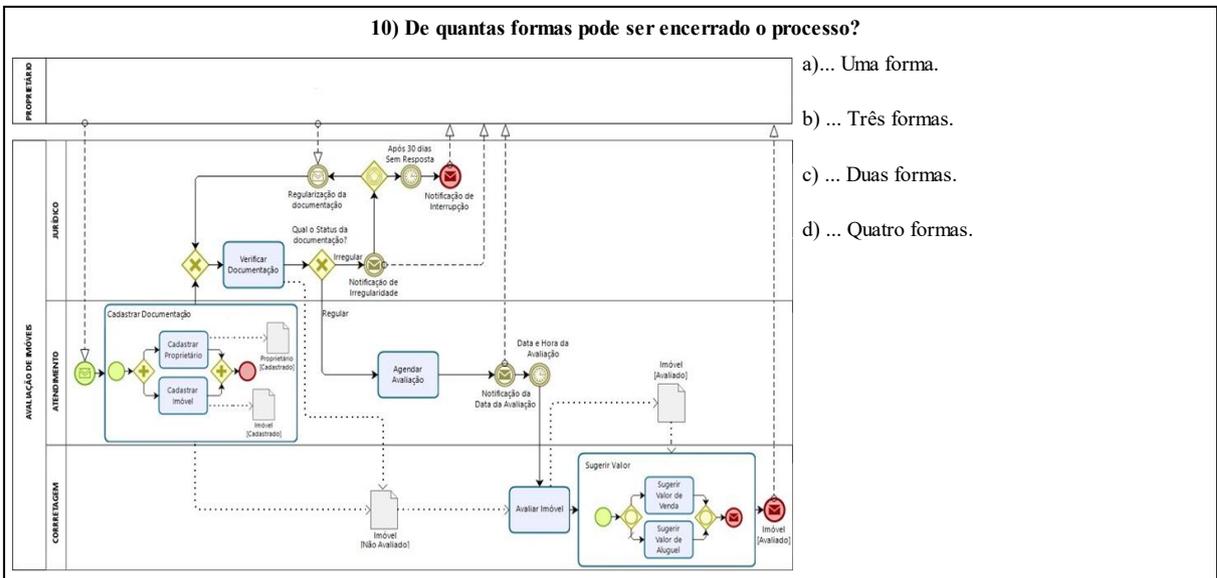
d) ... O setor de corretagem.



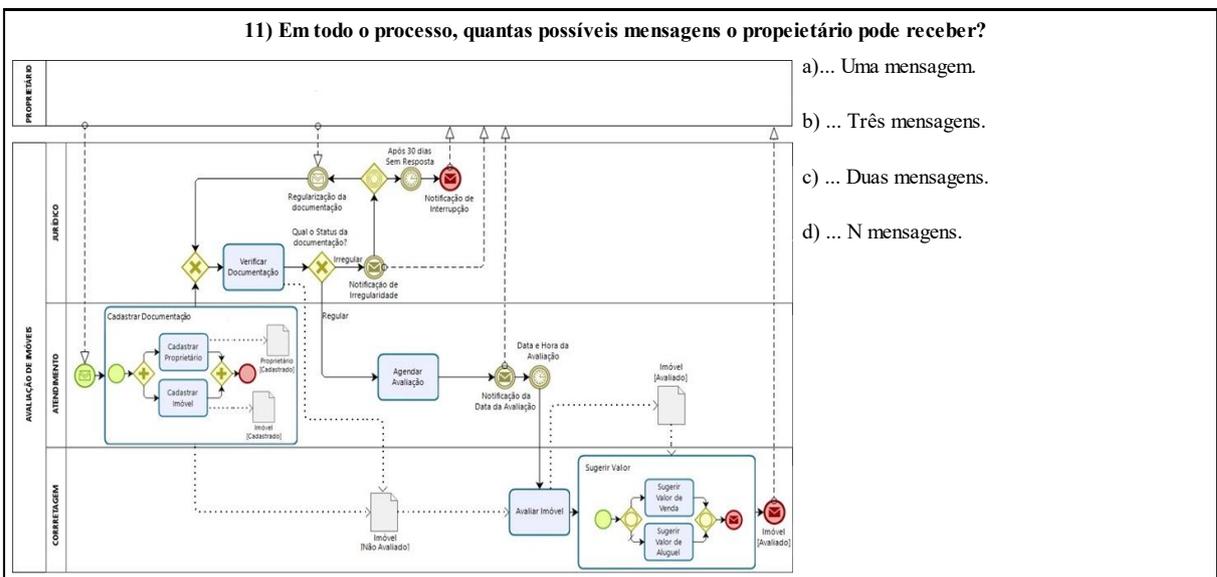




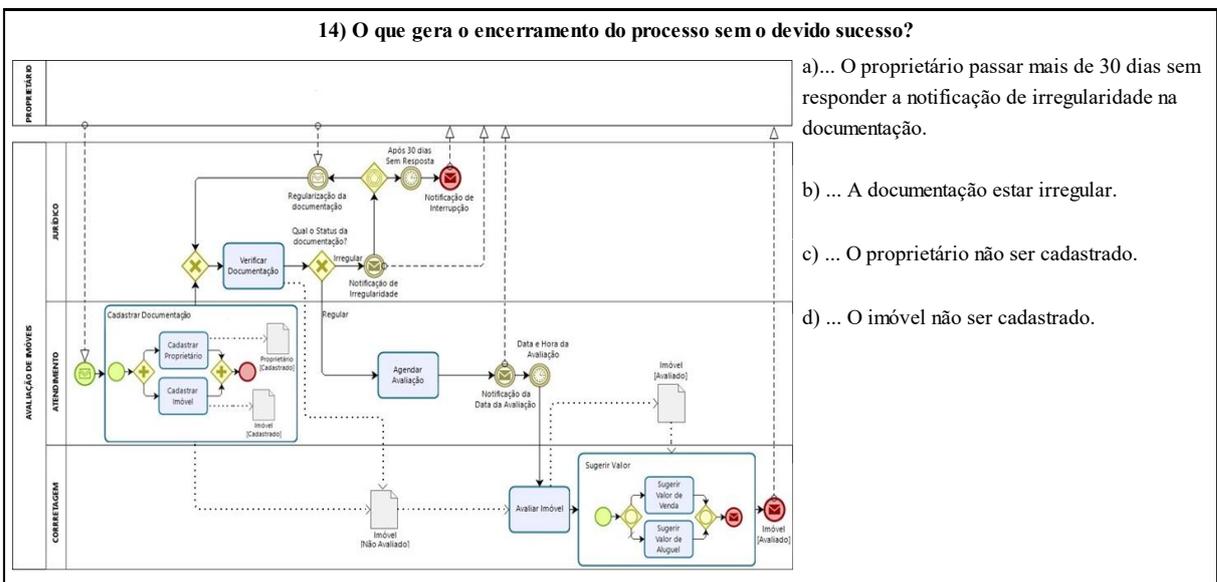
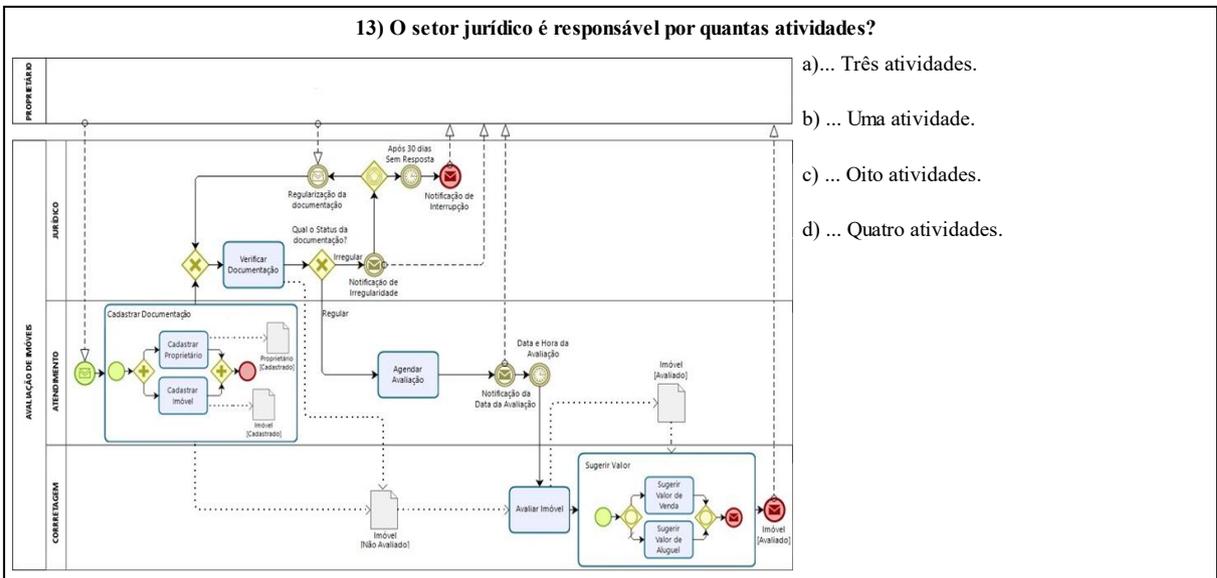
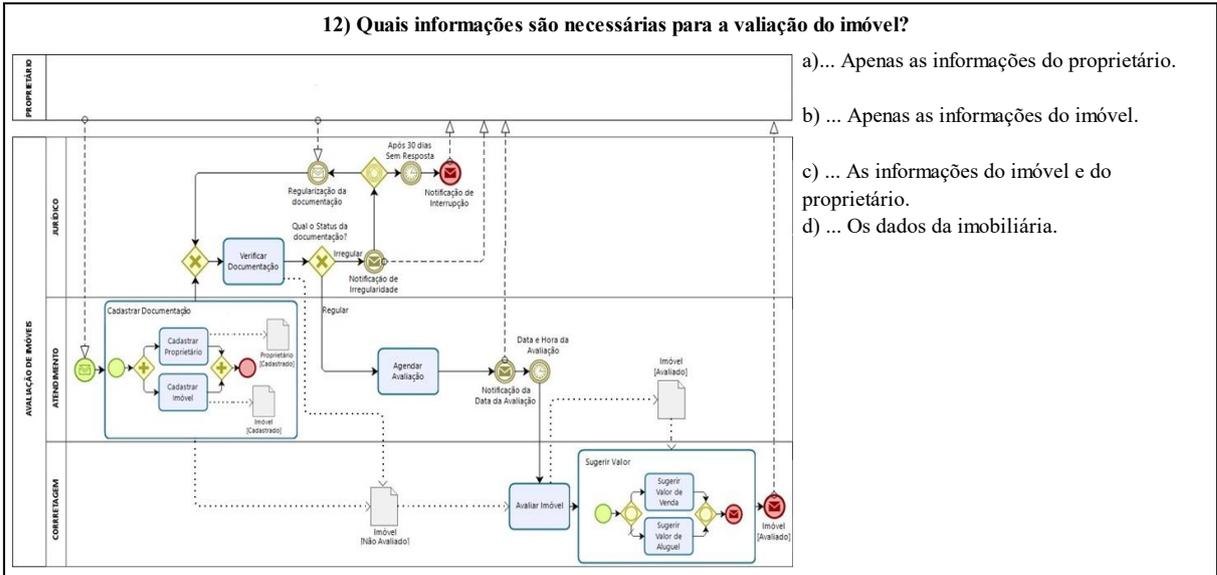
- a) ... Verifica novamente a documentação.
- b) ... Encerra o processo.
- c) ... Sugere valor de venda e/ou de aluguel.
- d) ... Notifica ao proprietário o valor da avaliação.



- a) ... Uma forma.
- b) ... Três formas.
- c) ... Duas formas.
- d) ... Quatro formas.



- a) ... Uma mensagem.
- b) ... Três mensagens.
- c) ... Duas mensagens.
- d) ... N mensagens.



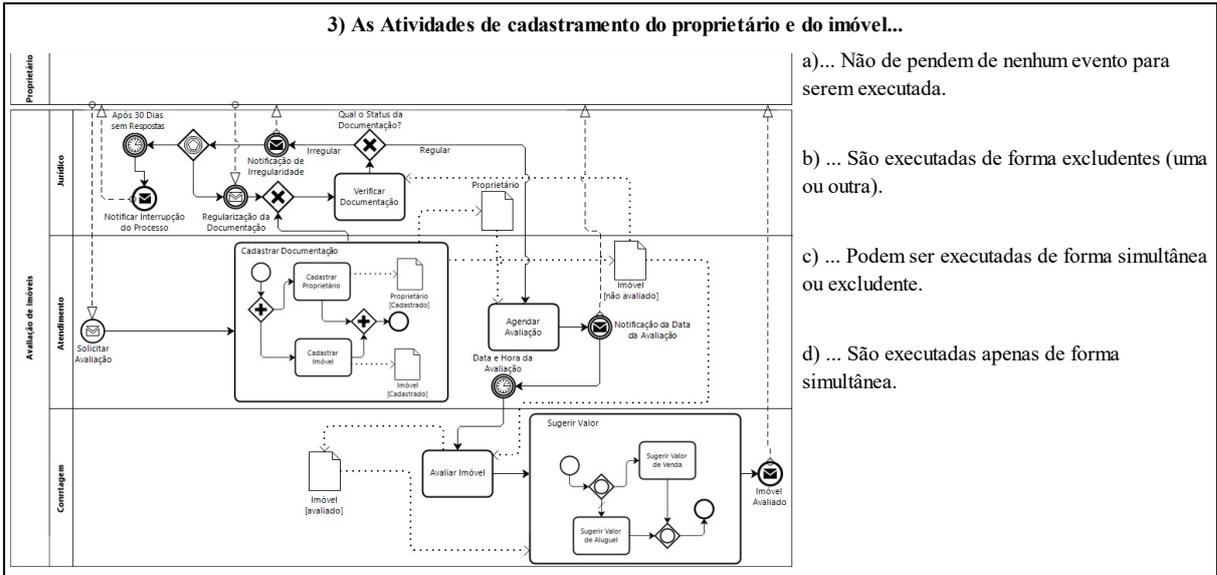
# APÊNDICE D – Questionário de Exatidão sem Diretrizes de Layout

**1) O setor de atendimento inicia a sua participação no processo...**

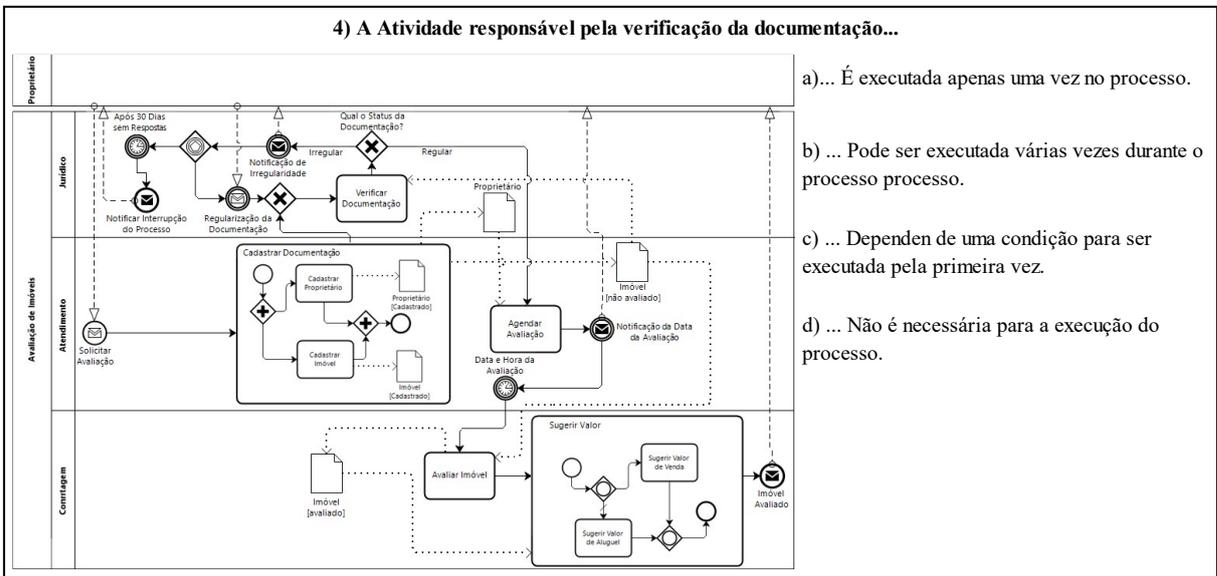
<p>Proprietário</p> <hr/> <p>Jurídico</p> <hr/> <p>Avaliação de Imóveis</p> <p>Atendimento</p> <hr/> <p>Corretagem</p>		<p>a) ... Se o proprietário estiver cadastrado.</p> <p>b) ... Se o imóvel estiver alugado.</p> <p>c) ... Se o imóvel estiver cadastrado.</p> <p>d) ... Se o proprietário solicitar uma avaliação.</p>
--	--	---

**2) Qual o ator que inicia o processo?**

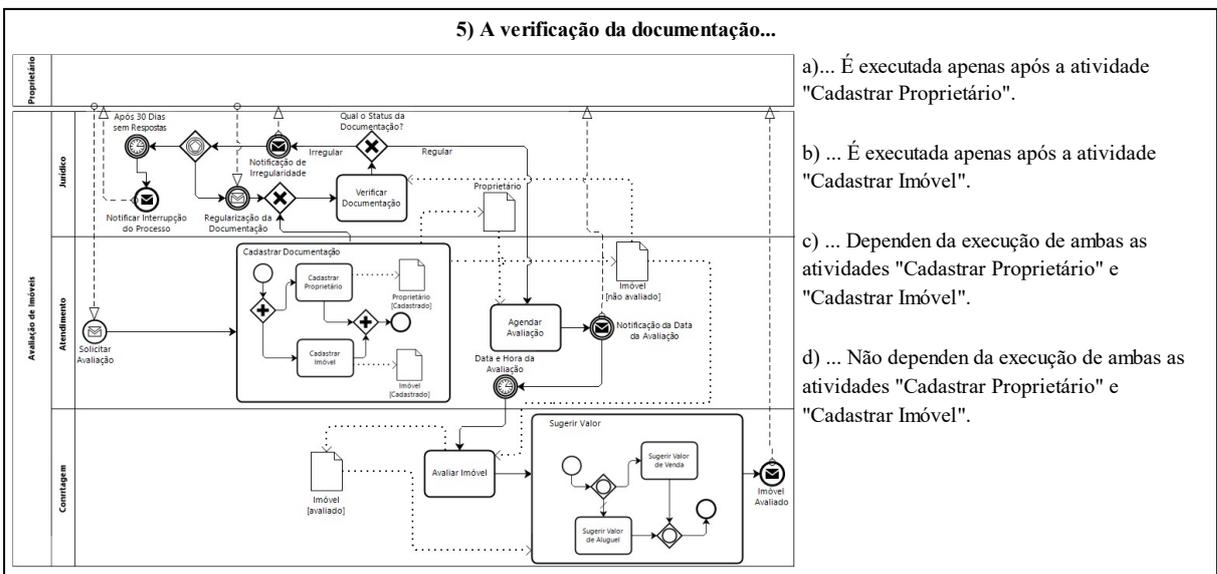
<p>Proprietário</p> <hr/> <p>Jurídico</p> <hr/> <p>Avaliação de Imóveis</p> <p>Atendimento</p> <hr/> <p>Corretagem</p>		<p>a) ... O setor jurídico.</p> <p>b) ... O proprietário.</p> <p>c) ... O setor de atendimento.</p> <p>d) ... O setor de corretagem.</p>
--	--	--



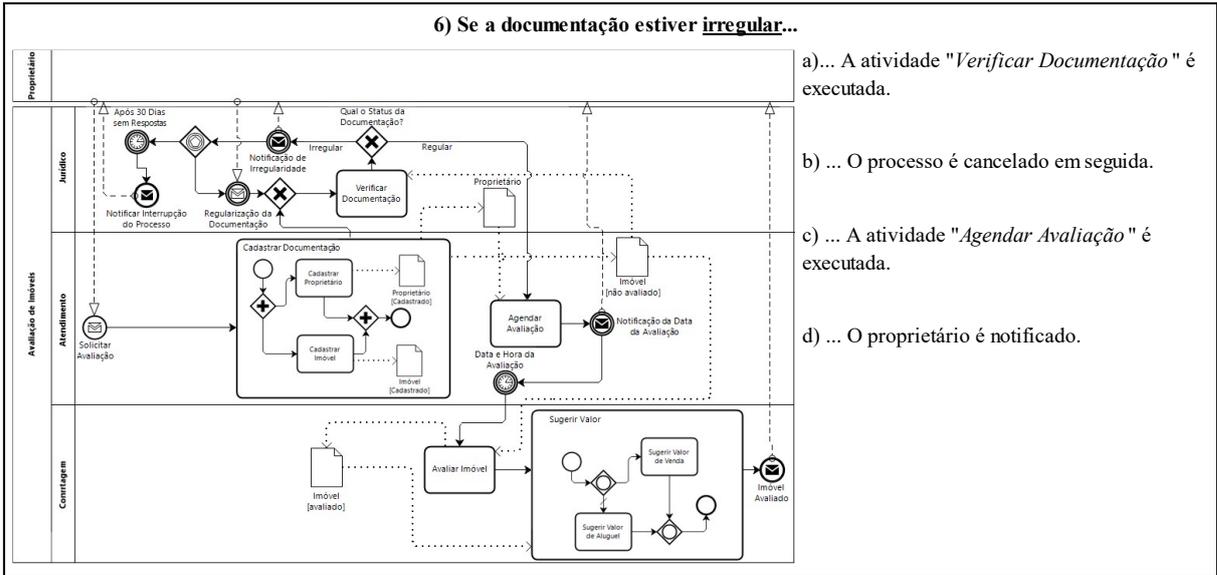
- a) ... Não dependem de nenhum evento para serem executadas.
- b) ... São executadas de forma excludentes (uma ou outra).
- c) ... Podem ser executadas de forma simultânea ou excludente.
- d) ... São executadas apenas de forma simultânea.



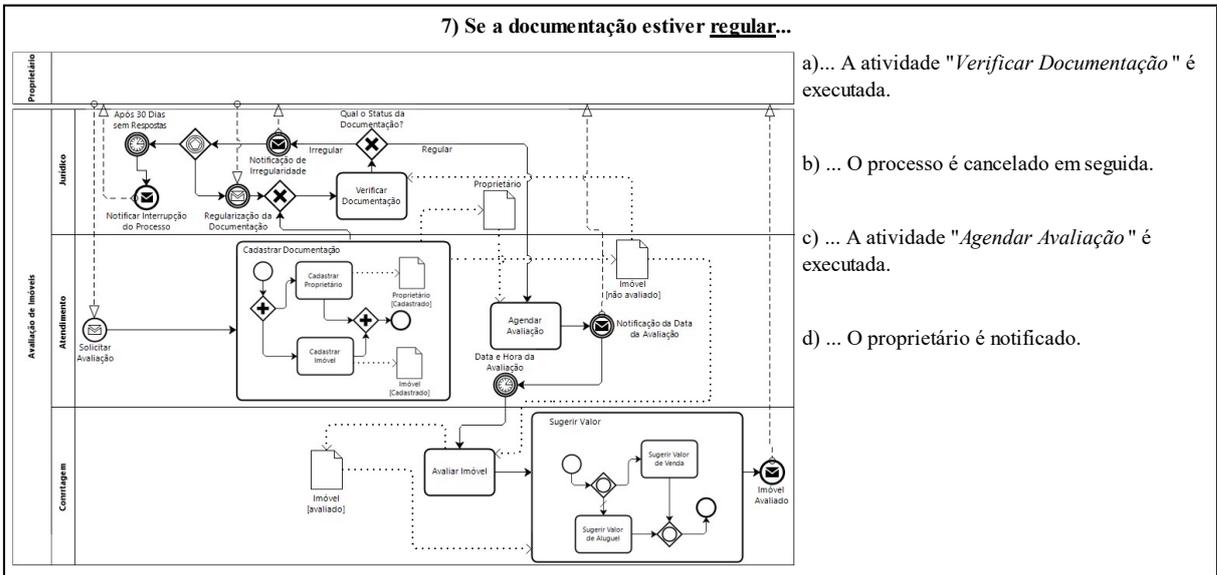
- a) ... É executada apenas uma vez no processo.
- b) ... Pode ser executada várias vezes durante o processo.
- c) ... Depende de uma condição para ser executada pela primeira vez.
- d) ... Não é necessária para a execução do processo.



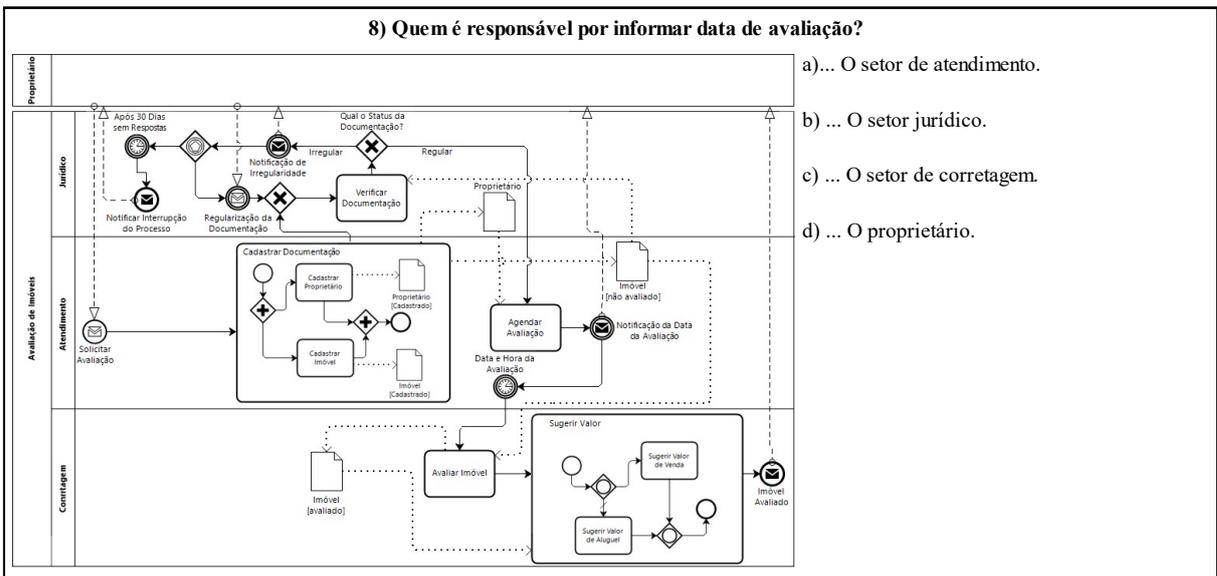
- a) ... É executada apenas após a atividade "Cadastrar Proprietário".
- b) ... É executada apenas após a atividade "Cadastrar Imóvel".
- c) ... Depende da execução de ambas as atividades "Cadastrar Proprietário" e "Cadastrar Imóvel".
- d) ... Não dependem da execução de ambas as atividades "Cadastrar Proprietário" e "Cadastrar Imóvel".



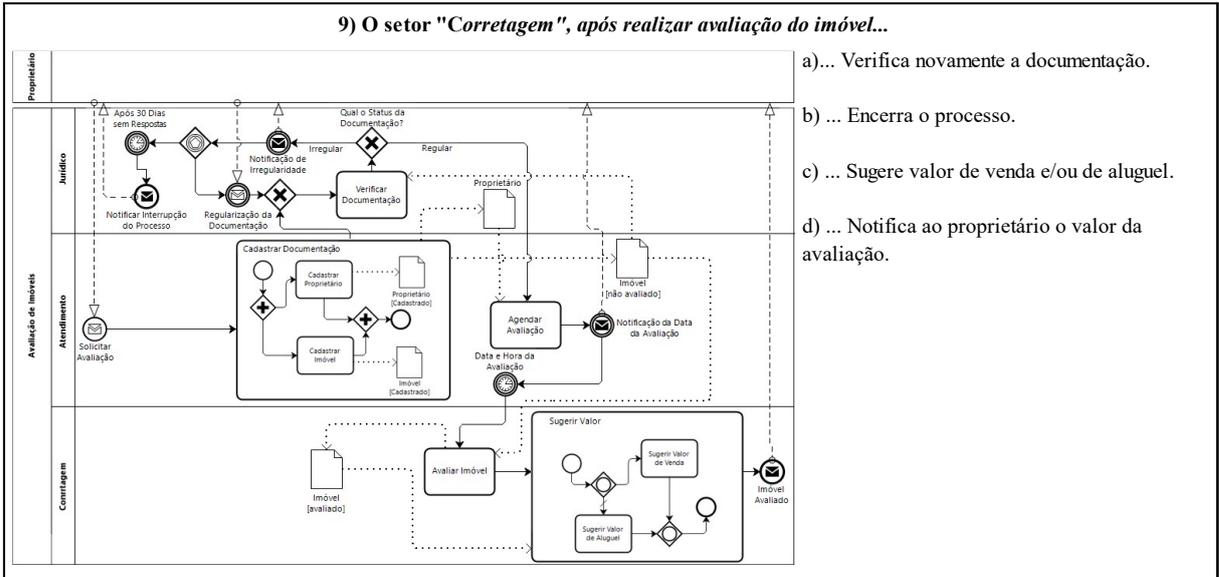
- a) ... A atividade "Verificar Documentação" é executada.
- b) ... O processo é cancelado em seguida.
- c) ... A atividade "Agendar Avaliação" é executada.
- d) ... O proprietário é notificado.



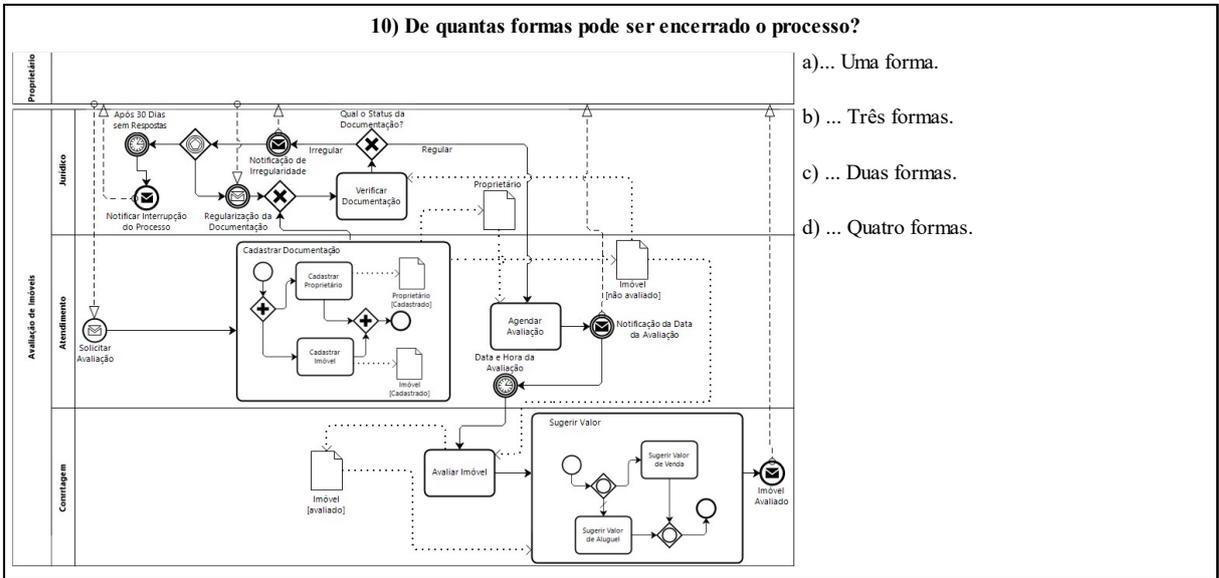
- a) ... A atividade "Verificar Documentação" é executada.
- b) ... O processo é cancelado em seguida.
- c) ... A atividade "Agendar Avaliação" é executada.
- d) ... O proprietário é notificado.



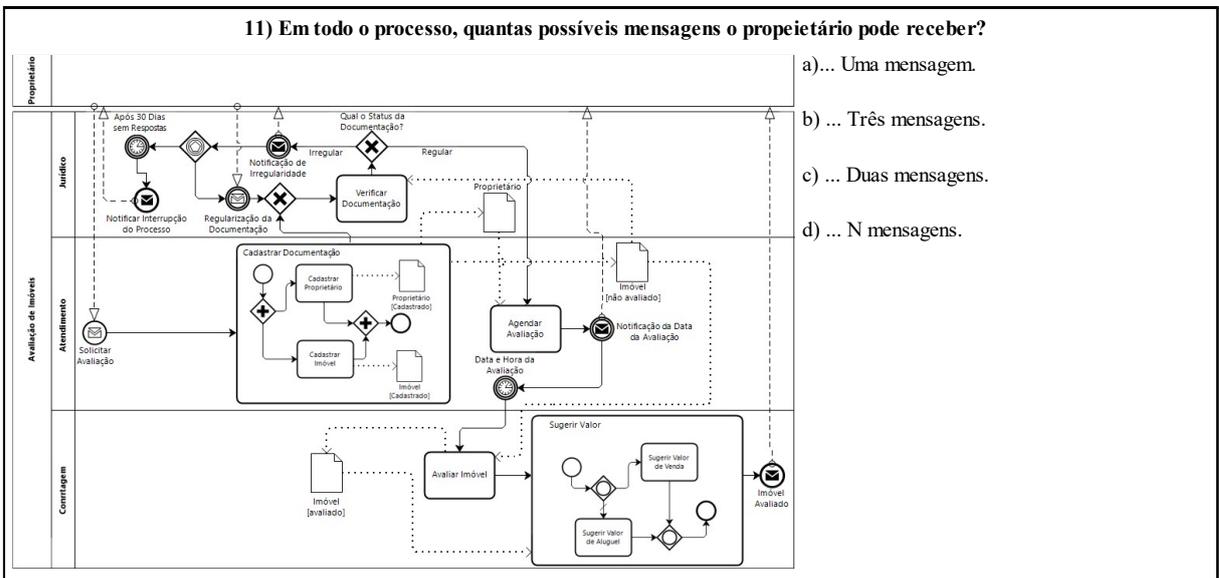
- a) ... O setor de atendimento.
- b) ... O setor jurídico.
- c) ... O setor de corretagem.
- d) ... O proprietário.



- a) ... Verifica novamente a documentação.
- b) ... Encerra o processo.
- c) ... Sugere valor de venda e/ou de aluguel.
- d) ... Notifica ao proprietário o valor da avaliação.



- a) ... Uma forma.
- b) ... Três formas.
- c) ... Duas formas.
- d) ... Quatro formas.



- a) ... Uma mensagem.
- b) ... Três mensagens.
- c) ... Duas mensagens.
- d) ... N mensagens.

**12) Quais informações são necessárias para a valiação do imóvel?**

a) ... Apenas as informações do proprietário.

b) ... Apenas as informações do imóvel.

c) ... As informações do imóvel e do proprietário.

d) ... Os dados da imobiliária.

**13) O setor jurídico é responsável por quantas atividades?**

a) ... Três atividades.

b) ... Uma atividade.

c) ... Oito atividades.

d) ... Quatro atividades.

**14) O que gera o encerramento do processo sem o devido sucesso?**

a) ... O proprietário passar mais de 30 dias sem responder a notificação de irregularidade na documentação.

b) ... A documentação estar irregular.

c) ... O proprietário não ser cadastrado.

d) ... O imóvel não ser cadastrado.

# APÊNDICE E – Questionário de Facilidade com Diretrizes de *Layout*



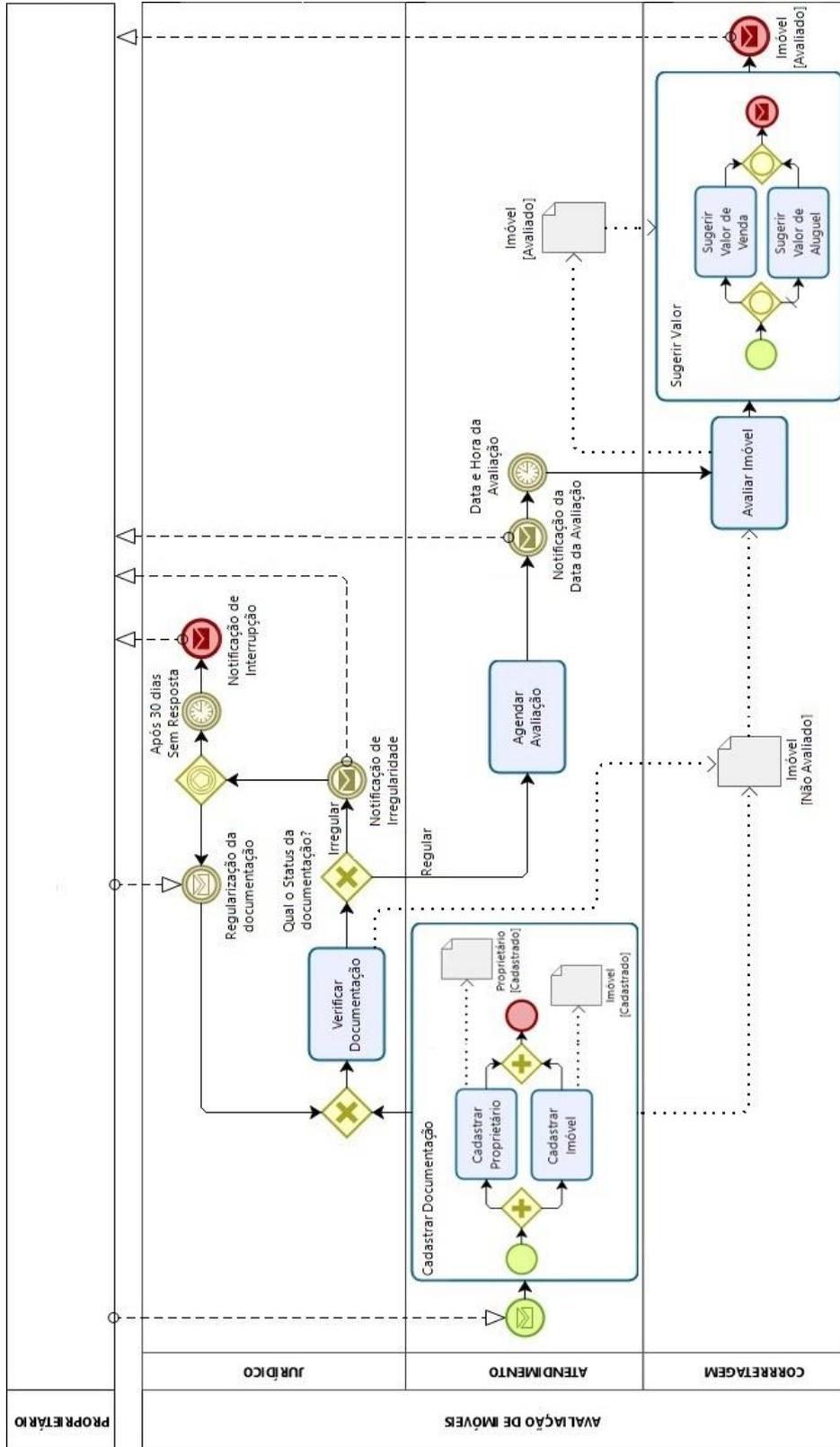
## Questionário de Facilidade

- 1) Como você avalia a complexidade do modelo usado no experimento?**
  - a) Muito simples.
  - b) Simples.
  - c) Complexo.
  - d) Muito complexo.
- 2) Qual foi o nível de dificuldade que você teve para identificar as possibilidades que o modelo apresentou para a avaliação do imóvel?**
  - a) Muito fácil.
  - b) Fácil.
  - c) Difícil.
  - d) Muito difícil.
- 3) Você concorda que foi possível identificar facilmente as tomadas de decisão ocorridas no processo?**
  - a) Discordo totalmente.
  - b) Discordo.
  - c) Concordo.
  - d) Concordo totalmente.
- 4) Você concorda que a organização desse processo dificultou a sua compreensão?**
  - a) Discordo totalmente.
  - b) Discordo.



- c) Concordo.
- d) Concordo totalmente.
- 5) Você concorda que quanto maior o número de elementos apresentados no processo, mais difícil se torna a compreensão?**
- a) Discordo totalmente.
- b) Discordo.
- c) Concordo.
- d) Concordo totalmente.
- 6) Você concorda que a variedade de tipos de artefatos no processo pode dificultar a compreensão?**
- a) Discordo totalmente.
- b) Discordo.
- c) Concordo.
- d) Concordo totalmente.
- 7) Você concorda que a ausência de cores no modelo, influenciou a sua compreensão durante o experimento?**
- a) Discordo totalmente.
- b) Discordo.
- c) Concordo.
- d) Concordo totalmente.

8) Circule a região que você considerou mais complexa no modelo.



# APÊNDICE F – Questionário de Facilidade sem Diretrizes de *Layout*



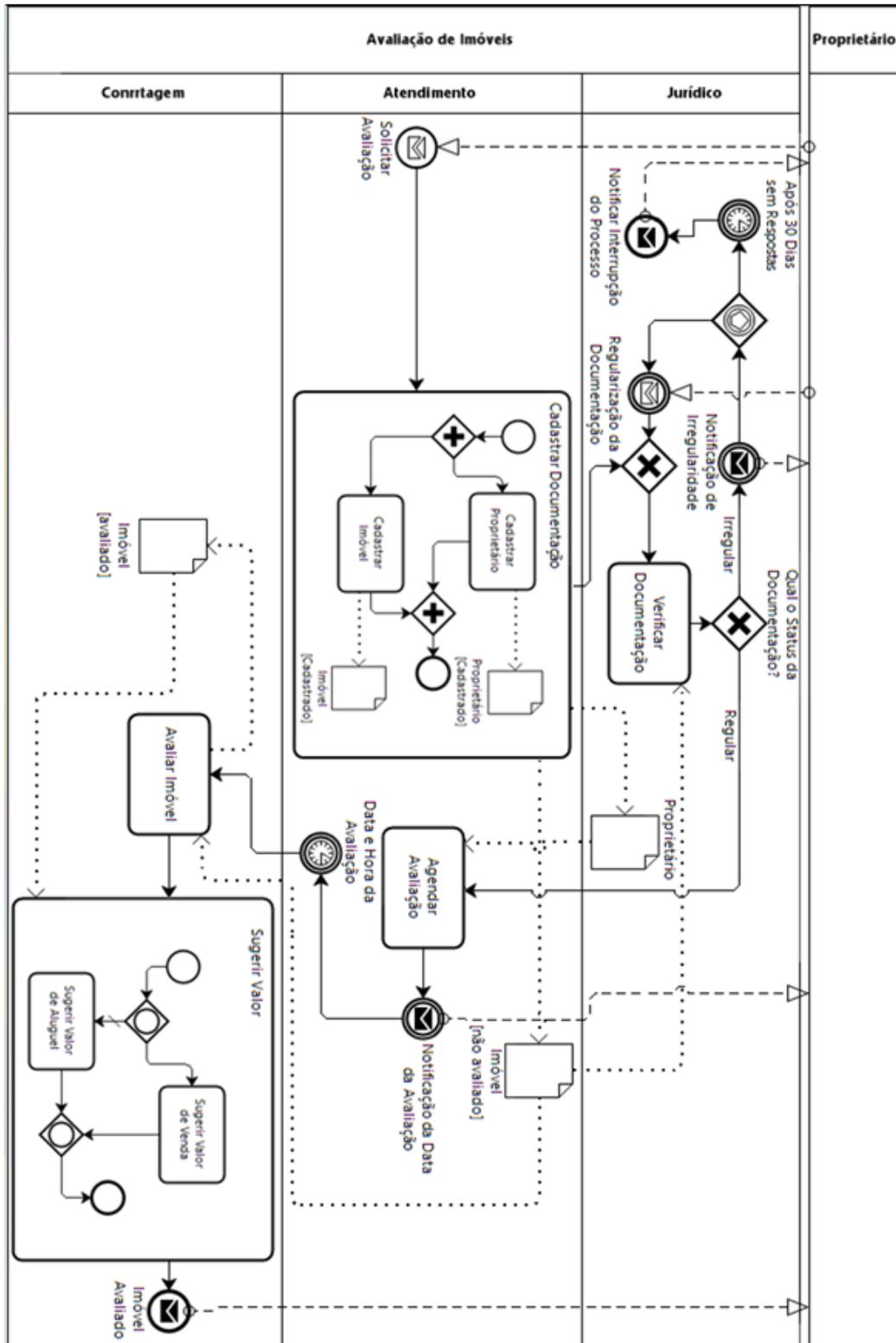
## Questionário de Facilidade

- 1) Como você avalia a complexidade do modelo usado no experimento?**
  - a) Muito simples.
  - b) Simples.
  - c) Complexo.
  - d) Muito complexo.
- 2) Qual foi o nível de dificuldade que você teve para identificar as possibilidades que o modelo apresentou para a avaliação do imóvel?**
  - a) Muito fácil.
  - b) Fácil.
  - c) Difícil.
  - d) Muito difícil.
- 3) Você concorda que foi possível identificar facilmente as tomadas de decisão ocorridas no processo?**
  - a) Discordo totalmente.
  - b) Discordo.
  - c) Concordo.
  - d) Concordo totalmente.
- 4) Você concorda que a organização desse processo dificultou a sua compreensão?**
  - a) Discordo totalmente.
  - b) Discordo.



- c) Concordo.
- d) Concordo totalmente.
- 5) Você concorda que quanto maior o número de elementos apresentados no processo, mais difícil se torna a compreensão?**
- a) Discordo totalmente.
- b) Discordo.
- c) Concordo.
- d) Concordo totalmente.
- 6) Você concorda que a variedade de tipos de artefatos no processo pode dificultar a compreensão?**
- a) Discordo totalmente.
- b) Discordo.
- c) Concordo.
- d) Concordo totalmente.
- 7) Você concorda que a ausência de cores no modelo, influenciou a sua compreensão durante o experimento?**
- a) Discordo totalmente.
- b) Discordo.
- c) Concordo.
- d) Concordo totalmente.

8) Circule a região que você considerou mais complexa no modelo.



## APÊNDICE G – Configuração do *Eye Tribe Tracker*

Neste apêndice, apresenta-se as instruções de como configurar o *Eye Tribe Tracker*, como posicioná-lo e como realizar a calibração. Tais instruções são baseadas em documentações<sup>2</sup> do próprio fornecedor do equipamento.

### 1. Conectar o rastreador ao computador:

- Após retirar o rastreador, o cabo USB e o tripé da caixa, remover a película protetora do vidro frontal do *Tracker*;
- Montar o *Tracker* no tripé;
- Para que o rastreador não se mova, assegurar que o tripé e o rastreador estejam bem apertados;
- Inserir o cabo USB no rastreador (ver Figura 17) e conectá-lo a uma porta USB 3.0 no computador;
- Verificar se os drives da porta USB 3.0 do computador estão instalados corretamente para que o rastreador consiga funcionar.

Figura 17. Conexão do Cabo USB 3.0 ao Rastreador.



Fonte: *The Eye Tribe Tracker* (2012).

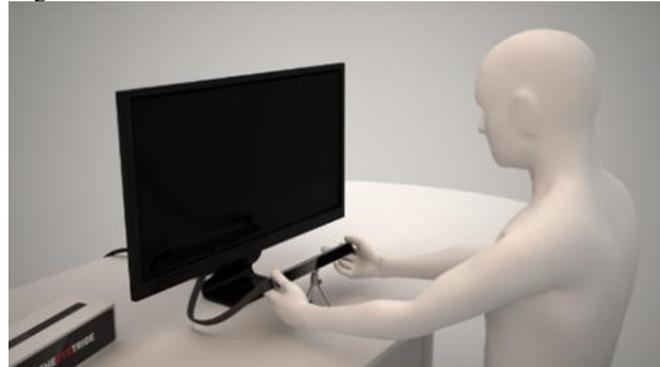
### 2. Posicionar o rastreador com o tripé abaixo do monitor.

- Posicionar o rastreador com o tripé em uma superfície horizontal plana abaixo do monitor (ver Figura 18). O monitor deve ter, no máximo, 24 polegadas.
- É importante que o rastreador esteja centralizado em relação ao monitor.
- O rastreador não deve ser posicionado acima ou ao lado do monitor, pois o rastreamento não funcionará de maneira ideal. Também é importante que o rastreador não se mova durante a operação, pois isso dificultará o rastreamento.

---

<sup>2</sup> <https://theeyetribe.com/dev.theeyetribe.com/dev.theeyetribe.com/start/index.html>

Figura 18. Posicionamento do rastreador à frente do monitor.

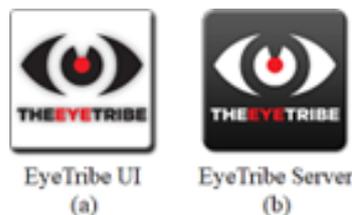


Fonte: *The Eye Tribe Tracker* (2012).

### 3. Instalar *drivers*.

- Baixar e instalar os *drivers* para controlar o rastreador.
- Serão instalados dois *softwares*, sendo eles: o servidor para o rastreador, chamado *EyeTribe server*, responsável pela coleta dos dados; e a interface gráfica cliente, chamada *EyeTribe UI*, que permite visualizar e configurar o rastreador.
- A Figura 19 a, apresenta os respectivos ícones.
- Iniciar servidor com duplo clique no ícone apresentado na Figura 19 b.
- Durante a captura dos dados oculares não fechar o aplicativo do servidor por ser necessário para o funcionamento do equipamento de rastreamento ocular.

Figura 19. Ícones do rastreador ocular.

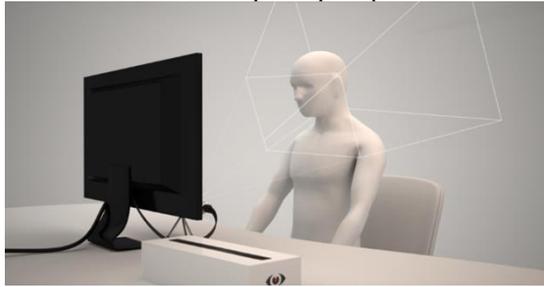


Fonte: *The Eye Tribe Tracker* (2012).

### 4. Posicionar o participante corretamente.

- Posicionar o participante que terá o comportamento ocular a ser capturado centralizado na frente do monitor a uma distância de 45 a 75 cm, como ilustrado na Figura 20.
- Utilizar o tripé para posicionar o rastreador em ângulo apontando para rosto do participante.
- Clicar duas vezes no ícone da *EyeTribe UI* (vide Figura 90 a) e será uma interface para verificar o posicionamento correto e será iniciado o processo calibração.

Figura 20. Posicionamento do Participante para permitir o rastreamento ocular.



Fonte: *The Eye Tribe Tracker* (2012).

## 5. Modo demonstração.

- O modo demonstração (ver Figura 21), permite o primeiro contato com a interface do usuário do *EyeTribe* e o leva através das etapas mais importantes na configuração do rastreador, colocando o participante na posição ideal e guiando durante a primeira calibração.
- A navegação pode ser realizada clicando nos botões de seta para a esquerda e para a direita no visor ou nas teclas esquerda e direita do teclado. O modo de demonstração pode ser ignorado pressionando a tecla de espaço.

Figura 21. Modo demonstração.



Fonte: *The Eye Tribe Tracker* (2012).

## 6. Calibração.

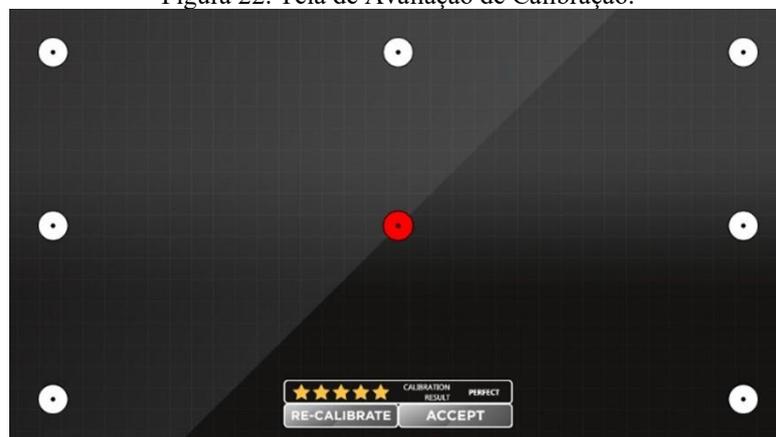
- Posicionar o participante de forma que o *feedback* do *EyeTribe UI* seja dois olhos verdes, similar a Figura 23. Quando o usuário estiver na posição certa, pode-se prosseguir para a calibração. Diretamente abaixo *feedback* verde, há um botão para calibração.
- Ao clicar no botão *Calibrate*, será iniciado o processo de calibração. O processo exige que o usuário observe uma série de alvos de calibração distribuídos uniformemente por toda a tela. Cada alvo aparecerá um a um e eles serão visíveis por um período predefinido. O processo geralmente leva cerca de 20 segundos para ser concluído.

- Caso os olhos não sejam encontrados é pertinente fazer as seguintes verificações:
  - ✓ Verificar se as luzes estão acesas dentro do rastreador;
  - ✓ Verificar se o *EyeTribe Server* está em execução;
  - ✓ Desconectar e reconectar o cabo USB;
  - ✓ Tentar uma porta USB 3.0 diferente;
  - ✓ Caso o participante utilize óculos, tentar a calibração sem ele, o óculos;
  - ✓ Certificar-se de que não há nada entre o participante e o rastreador;
  - ✓ Certificar-se de que o rastreador esteja apontando para o rosto do participante;
  - ✓ Evitar cobrir o rosto e os olhos com máscaras, chapéus ou cabelos longos;
  - ✓ Evitar utilizar o rastreador sob luz solar direta;
  - ✓ Evitar utilizar o rastreador em ambiente muito escuro.

## 7. Visualização de Avaliação de Calibração.

A tela de avaliação de calibração, ilustrado na Figura 22, é apresentada imediatamente após uma calibração completa e fornece uma indicação da qualidade da calibração. Isso é feito apresentando uma série de alvos sensíveis ao olhar que reagem quando vistos. Quanto maior a classificação de calibração, maior a precisão do rastreamento ocular.

Figura 22. Tela de Avaliação de Calibração.



Fonte: *The Eye Tribe Tracker* (2012).

O painel de ação está localizado na parte inferior da tela de avaliação e consiste em um controle de classificação e duas opções para recalibrar, a fim de melhorar a calibração atual ou aceitá-la. O controle de classificação fornece uma medida quantificável da precisão atual de sua calibração. As classificações de cinco estrelas e as mensagens correspondentes são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9. Nível de Qualidade de Calibração.

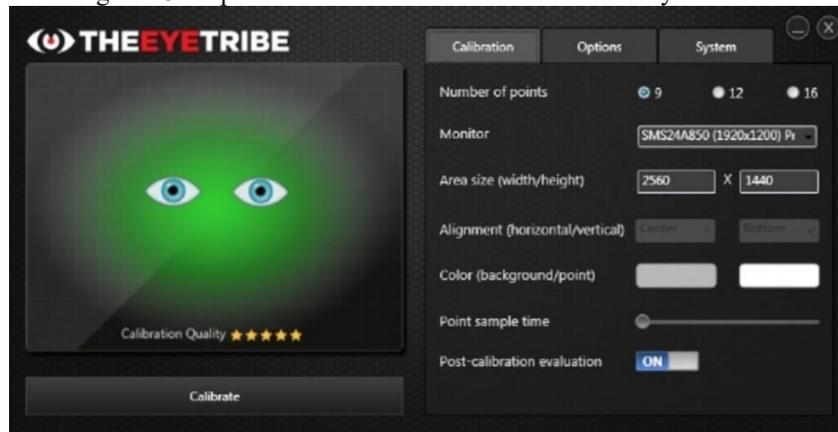
Avaliação	Mensagem	Descrição
★★★★★	Perfeito	Resultado ideal de calibração. Nenhuma recalibração é necessária.
★★★★☆	Bom	Resultado de calibração é adequado para rastreamento ocular.
★★★☆☆	Moderado	Resultado de calibração é aceitável, mas deve-se tentar melhorar seu resultado com uma recalibração.
★★☆☆☆	Pobre	Resultado não ideal de calibração. Deve tentar melhorar seu resultado recalibrando.
★☆☆☆☆	Recalibrar	Resultado atual da calibração não é bom para rastrear os olhos. Recalibrar depois de verificar se você tem um bom rastreamento.
☆☆☆☆☆	Não calibrado	Não houve calibração. Caso seja visto essa avaliação após uma calibração, é necessário um recalibração via <i>EyeTribe UI</i> .

Fonte: Adaptado de *The Eye Tribe Tracker* (2012).

## 8. Utilização do *EyeTribe UI*.

A interface do usuário do *EyeTribe*, ilustrada na Figura 23, fornece um *feedback* direto do estado de rastreamento atual e permite a alteração das configurações padrão para acomodar as necessidades. Todas as alterações na interface do usuário do *EyeTribe* são armazenadas automaticamente quando se fecha o aplicativo e serão recarregadas na próxima execução.

Figura 23. Captura de tela da interface do usuário do *EyeTribe UI*.

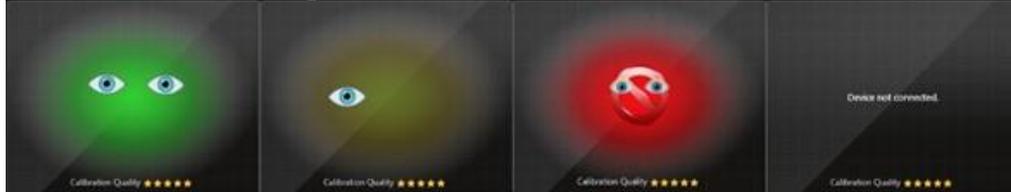


Fonte: *The Eye Tribe Tracker* (2012).

No lado esquerdo da interface do *EyeTribe UI*, encontra-se a janela de rastreamento (do inglês: *trackbox*), onde é representado graficamente a posição dos olhos do participante em relação ao rastreador, e, portanto, serve como um guia para determinar se o participante está dentro da área de rastreamento. Todos os movimentos oculares rastreáveis são refletidos no *trackbox*. Isso é feito mostrando zero, um ou dois olhos, dependendo da qualidade da calibração. Se a qualidade da calibração for aceitável (i.e.: três estrelas), ambos os seus olhos aparecem dentro da caixa de rastreamento e refletem seus movimentos físicos em tempo real. Além disso, as alterações na cor de fundo são usadas para indicar a qualidade de rastreamento atual.

No caso da calibração não ser ideal, os olhos podem piscar. A sequência de imagens apresentados na Figura 24 apresenta uma série de estados diferentes que podem ser mostrados pelo *trackbox*. Os diferentes estados são respectivamente: bom rastreamento, rastreamento limitado, não rastreamento e uma mensagem de erro.

Figura 24. Estados do rastreamento ocular.



Fonte: *The Eye Tribe Tracker* (2012).

Quando for apresentado uma imagem de fundo totalmente verde e dois olhos no *trackbox*, o usuário está posicionado corretamente e o rastreamento é bom. Contudo, se o fundo alternar entre o vermelho e o verde, o rastreamento é ruim e o usuário deve se reposicionar. Caso seja exibido o fundo vermelho, além de um ícone de bloqueio nos olhos, indica que o sistema está funcionando, mas o rastreador não consegue encontrar seus olhos. Por fim, mensagens de erro, podem ser exibidas (ver Tabela 10), assim como as suas respectivas causas.

Para uma experiência de rastreamento ideal, deve-se manter o participante em uma posição que seus olhos estejam no centro do *trackbox*. Isso pode exigir que reajustes na posição do rastreador, mas é importante que o participante se sinta o mais confortável possível. Se o rastreador for utilizado em local diferente ou for movido de sua posição no momento da calibração é necessário uma recalibração, que pode ser realizada ao clicar no botão *Calibrate* apresentado abaixo da caixa de rastreamento, como pode ser visto na Figura 23.

Tabela 10. Mensagens de erro do *EyeTribe*.

Mensagem de erro	Causa
<i>Device not connected</i>	Rastreador não detectado. Conectar ou reconectar o rastreador.
<i>Device connected to a USB2.0 port</i>	Rastreador detectado, mas não está funcionando devido a uma utilização de porta USB não suportada. Verificar se o rastreador foi conectado em uma porta USB 3.0. Caso sim, verificar os <i>drivers</i> do fabricante para USB 3.0.
<i>A firmware updated is required</i>	Rastreador detectado, mas não está funcionando devido a <i>firmware</i> errado e/ou sem suporte.
<i>No data coming out of the sensor</i>	Rastreador detectado, mas não pode receber nenhum fluxo de dados. Reconectar o rastreador.

Fonte: *The Eye Tribe Tracker* (2012).

## APÊNDICE H – Configuração do Neurosky Mindwave

Neste apêndice, apresenta-se as instruções de como configurar o *Neurosky MindWave*, como posicioná-lo e como realizar a captura das ondas cerebrais. Tais instruções são baseadas em documentações<sup>3</sup> do próprio fornecedor do equipamento.

### 1. Remover o *Neurosky MindWave* da caixa.

- Remover o *Neurosky* de sua caixa (ver Figura 25 (a)).
- Abrir a tampa da bateria, como apresentado Figura 25 (b)).
- Inserir uma pilha AAA, certificando-se de que a polaridade esteja alinhada corretamente. Neste sentido, O fabricante ressalta o uso apenas de pilhas alcalinas<sup>4</sup>, pois com outros tipos pilhas seus níveis de tensão caem rapidamente abaixo dos níveis utilizáveis durante as cargas de uso, o que pode resultar em comportamento inconsistente, como desconexões.

Figura 25. Neurosky na sua caixa.



Fonte: Adaptado de *Neurosky MindWave* (2023).

### 2. Ligar/Desligar o *Neurosky MindWave*.

- Para ligar (ver Figura 26), deslizar o interruptor para a posição *ON*. Então uma a luz LED azul na lateral do fone de ouvido acenderá. Se o *Neurosky* tiver uma bateria fraca, a luz do LED aparecerá vermelha. Neste caso realizar o procedimento de troca da pilha, seguindo o primeiro passo.
- Para desligar, deslize o interruptor de volta para a posição *OFF*.

<sup>3</sup><https://download.neurosky.com/public/Products/MindWave%20Mobile%202/MindWave%20Mobile%202%20User%20Guide%20.pdf>

[https://download.neurosky.com/support\\_page\\_files/MindWaveMobile/docs/mindwave\\_mobile\\_user\\_guide.pdf](https://download.neurosky.com/support_page_files/MindWaveMobile/docs/mindwave_mobile_user_guide.pdf)

<sup>4</sup> Durante as seções experimentação foram utilizadas pilhas da marca Duracell.

Figura 26. Interruptor para ligar/desligar o Neurosky MindWave.



Fonte: Adaptado de *Neurosky MindWave* (2023).

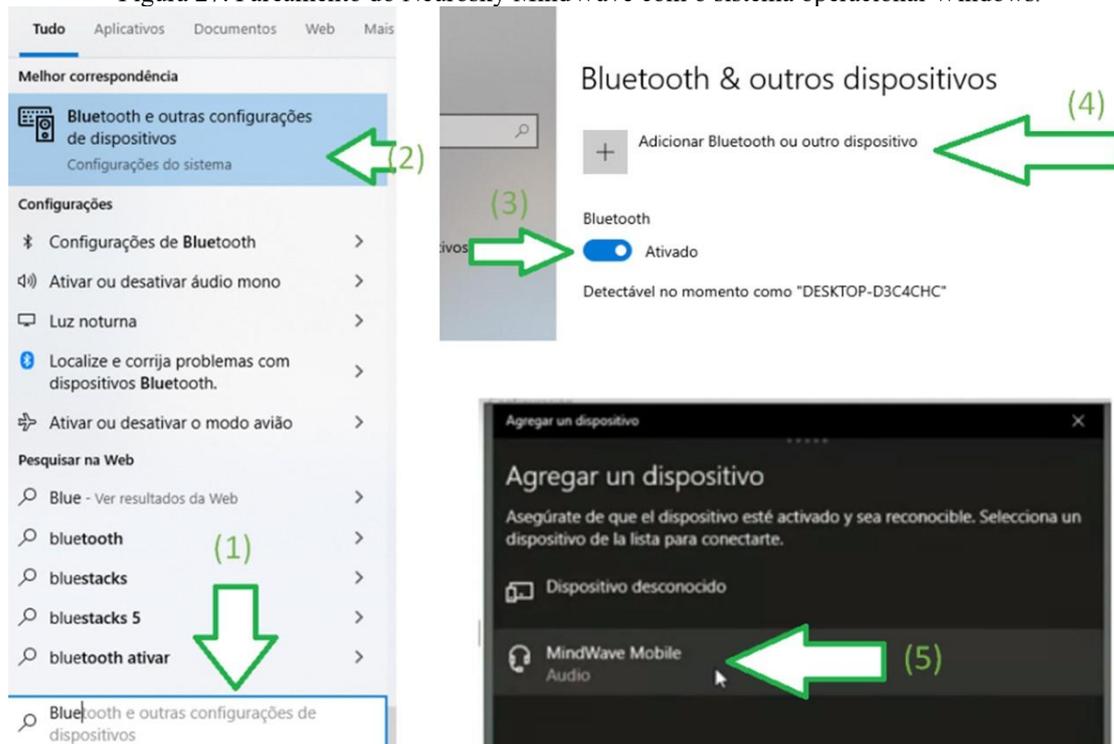
### 3. **Parear o *Neurosky MindWave* via *Bluetooth*.**

- O pareamento pode ser realizado entre *Neurosky MindWave* e equipamentos como computador, tablet ou *smart phones*.
- Após o pareamento, o equipamento permite que o computador, tablet ou *smart phones* se conecte a ele. Observe que esta ação é diferente de conectar, que é quando o computador, tablet ou *smart phones* está recebendo dados ativamente.
- É necessário realizar o pareamento uma única vez, e depois disso o *Neurosky* poderá ser conectado quantas vezes forem necessárias.
- Para cada um dos equipamentos: computador, tablet ou *smart phones* existe uma forma diferente de pareamento. Aqui será apresentada apenas o pareamento com computador, pois foi essa utilizada no *quasi*-experimento.

A Figura 27 ilustra o passo a passo para parear o *Neurosky MindWave* com o sistema operacional *Windows*.

- Na barra de pesquisa do *Windows* procurar pela opção *Bluetooth* e outros dispositivos.
- Ativar o *Bluetooth* e clicar em Adicionar *Bluetooth* ou outro dispositivo.
- Selecionar a opção *Bluetooth* no *pop-up* aberto.
- Por fim, selecionar a dispositivo *MindWave* com ícone de fone de ouvido na lista de dispositivos disponíveis.
- Digitar “0000” como a chave de autenticação *Bluetooth*, se solicitado.
- Caso o dispositivo *MindWave* não seja exibido na busca, verificar se o equipamento está ligado e com a luz azul.

Figura 27. Pareamento do Neurosky MindWave com o sistema operacional Windows.



#### 4. Conectar o Neurosky MindWave via Bluetooth.

Para funcionar corretamente, o *Neurosky* deve conhecer a frequência da rede elétrica do país ou território que será utilizado. Baixar, instalar *MindWave Mobile Tutorial*<sup>5</sup>. Caso o equipamento for utilizado em outro país, reconfigurar o *Neurosky* de acordo com o exigido.

Para conectar o *Neurosky* ao computador, executar o programa *MindWave Mobile Tutorial*<sup>6</sup>. Como apresentado na Figura 28, selecionar a porta COM.

- Inicialmente utilize a porta denominada AUTO, onde o programa tenta obter a porta automaticamente. Caso não consiga se conectar, utilizar as portas COM disponíveis.
- Clicar no botão *Connect*. A tela seguinte apresenta o status na conexão atual na parte superior. Além disso, é possível verificar os possíveis estados de conexão.
- Clicar no botão *Select* e selecionar o país (*i.e.*: foi selecionado a opção *Brazil* para o *quasi-experimento*). Por fim, será exibido uma tela indicando a conexão com sucesso.

<sup>5</sup> <https://mindwavemobileplus.neurosky.com/tutorial/>

<https://fccid.io/XG9MW3/User-Manual/Users-Manual-1546394>

<sup>6</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=GZI89BtTno0>

Figura 28. Conectando Neurosky via MindWave Mobile Tutorial.



## APÊNDICE I – Teorias Estatísticas

Nesta subseção, apresenta-se algumas teorias estatísticas utilizadas durante os procedimentos de análise dos dados biométricos deste estudo, considerando-se a importância de facilitar a compreensão dos leitores.

- **Média:**

As médias apresentadas foram obtidas de forma individual para os grupos avaliados, dois diferentes modelos (CD e SD) e a separação dentre aqueles que acertaram a questão e erraram. A fórmula utilizada é dada por:

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^N \frac{x_i}{n}$$

onde  $x_i$  representa cada valor observado dentro do grupo (acerto ou erro) dentro ainda de cada modelo observado (CD e SD) e  $n$  representa o número de valores observados dentro do mesmo grupo anteriormente definido.

- **Desvio padrão:**

Os desvios apresentados foram obtidos de forma individual para os grupos avaliados, dois diferentes modelos (CD e SD) e a separação dentre aqueles que acertaram a questão e erraram. A fórmula utilizada é dada por:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(x_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

onde  $x_i$  representa cada valor observado dentro do grupo (acerto ou erro) dentro ainda de cada modelo observado (CD e SD),  $n$  representa o número de valores observados dentro do mesmo grupo anteriormente definido e  $\bar{X}$  representa a média do grupo.

- **Assimetria**

Os coeficientes de assimetria apresentados foram obtidos de forma individual para os grupos avaliados, dois diferentes modelos (CD e SD) e a separação dentre aqueles que acertaram a questão e erraram. A fórmula utilizada para obtê-lo é dada por:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{X})^3}{n}}{\left(\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{X})^2}{n}\right)^{\frac{3}{2}}}$$

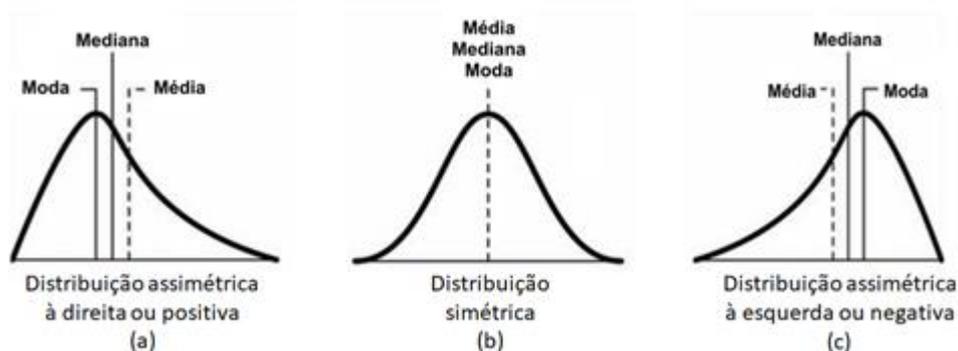
onde  $x_i$  representa cada valor observado dentro do grupo (acerto ou erro) dentro ainda de cada modelo observado (CD e SD),  $n$  representa o número de valores observados dentro do mesmo grupo anteriormente definido e  $\bar{X}$  representa a média do grupo. Valores menores que 0 representam assimetria negativa, valores iguais a 0 representa uma distribuição simétrica, e valores maiores que 0 representa assimetria positiva.

**Assimetria** é entendida como o cálculo do desvio ou afastamento de um conjunto de dados da sua média, ou ainda do formato de sino da distribuição normal. Sendo assim, as medidas de assimetria são utilizadas para quantificar a deformação da distribuição empírica dos dados, em relação a uma distribuição simétrica, nesse caso, a distribuição normal.

Dessa maneira, um conjunto de dados pode ser classificado como um de três tipos:

- (i) Distribuição **simétrica** - é observada quando a sua forma é idêntica para ambos os lados em relação a um valor central, e nesse caso é observado (média = mediana = moda). A Figura 29 (b), ilustra a curva de distribuição simétrica.
- (ii) Distribuição **assimétrica positiva ou à direita** - é observada quando a sua forma concentra a maior parte dos valores a esquerda de um valor central, de forma que é observado (média > mediana > moda). A Figura 29 (a) ilustra a curva de distribuição assimétrica positiva ou à direita.
- (iii) Distribuição **assimétrica negativa ou à esquerda** - é observada quando a sua forma concentra a maior parte dos valores a direita do valor central, e se observa (média < mediana < moda). A Figura 29 (c), ilustra a curva de distribuição assimétrica negativa ou à esquerda.

Figura 29. Representação da Curva de Simetria.



Para a medida de assimetria utilizada neste trabalho, para valores menores que 0, tem-se assimetria negativa, para valores iguais a 0, tem-se uma distribuição simétrica, e para valores maiores que 0, tem-se assimetria positiva.

▪ **Curtose**

Os coeficientes de curtose apresentados foram obtidos de forma individual para os grupos avaliados, dois diferentes modelos (CD e SD) e a separação dentre aqueles que acertaram a questão e erraram. A fórmula utilizada para obtê-lo é dada por:

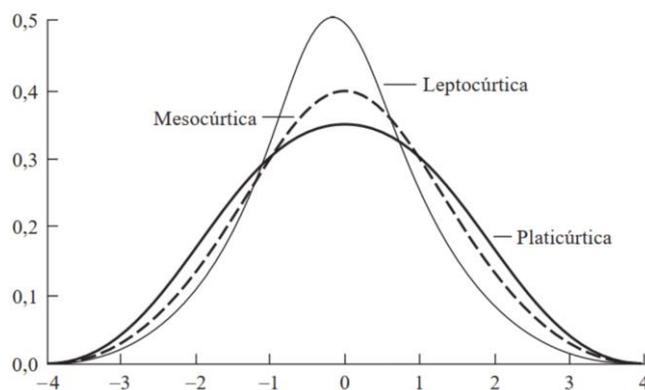
$$K = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{X})^4}{n}}{\left(\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{X})^2}{n}\right)^2} - 3$$

onde  $x_i$  representa cada valor observado dentro do grupo (acerto ou erro) dentro ainda de cada modelo observado (CD e SD),  $n$  representa o número de valores observados dentro do mesmo grupo anteriormente definido e  $\bar{X}$  representa a média do grupo. Subtrai-se 3 do coeficiente para que ele possa ser avaliado em torno do 0. Um valor inferior a 0 indica uma distribuição platicúrtica, um valor igual a 0 indica uma distribuição mesocúrtica e um valor maior que 0 indica uma distribuição leptocúrtica.

A medida de curtose é utilizada como forma de avaliar o grau de achatamento da curva de uma distribuição em relação a uma distribuição de referência, sendo comumente utilizada a distribuição normal com média 0 e desvio padrão 1. A Figura 30 ilustra as três distribuições de curtose. Assim como a assimetria, para a medida de curtose também são vistas três classificações, sendo elas:

- (i) A distribuição **mesocúrtica** - é observada quando o grau de achatamento da distribuição dos dados é igual a distribuição de referência, tendo assim a forma perfeita de sino.
- (ii) A distribuição **platicúrtica** - é observada quando o grau de achatamento é superior ao observado para a distribuição de referência, formando assim um plator, de forma que os dados estão mais presentes também nas caudas da distribuição.
- (iii) A distribuição **leptocúrtica** - por sua vez é observada quando o grau de achatamento é inferior ao observado para a distribuição de referência, construindo assim um afilamento que supera a forma de sino da distribuição normal.

Figura 30. Representação de Distribuição da Curtose.



Fonte: Adaptado de Steven et al (2014).

- **Teste de Normalidade (Shapiro-Wilk):**

O teste de normalidade de *Shapiro-Wilk* é utilizado para avaliar se uma amostra de dados é proveniente de uma população com distribuição normal. O teste é construído a partir do cálculo da estatística  $W$  que deve ser comparada com o valor tabelado, de forma que pequenos valores da estatística  $W$  são significativos, ou sejam, rejeita-se a hipótese nula, o que indica em outras palavras a não normalidade dos dados. Outra opção é de se avaliar o teste a partir da comparação do *p-value* extraído com um nível de significância previamente definido, sendo adotado com maior frequência os valores de  $\alpha = 0.01, 0.05$  ou  $0.10$ . A comparação é feita de forma que se o *p-value* for inferior ao valor de  $\alpha$  estabelecido, a hipótese nula é rejeitada.

- **Teste de Homogeneidade das Variâncias (Levene)**

O teste de homogeneidade de variâncias é utilizado para avaliar a igualdade entre a variância de duas amostras. É obtida uma estatística  $W$  que é utilizada para a comparação com o valor tabelado, onde valores pequenos da estatística  $W$  não são significativos, ou seja, não rejeita a hipótese de igualdade de variâncias. Assim como o teste anterior, pode-se avaliar o teste a partir da comparação do *p-value* extraído com um nível de significância previamente definido, onde o *p-value* inferior ao valor de  $\alpha$  estabelecido, faz com que a hipótese nula seja rejeitada.

- **Test  $T$**

O *test T* é comumente utilizado para realizar a comparação entre as médias de dois grupos, sejam eles pareados ou não, como também avaliar a média amostral frente a média populacional quando trabalhamos com uma única amostra. Para a utilização do *test t*, é necessário que os dados possuam distribuição normal e variâncias homogêneas, podendo se utilizar uma correção para situações em que as variâncias são diferentes. Com este teste, é obtida a estatística  $T$ , que

deve ser comparada com o valor tabelado onde pequenos valores da estatística  $T$  são estatisticamente significativos. Outra opção é a utilização do  $p$ -value para avaliar a rejeição ou não da hipótese nula de igualdade de médias para os grupos avaliados, onde o  $p$ -value inferior ao valor de  $\alpha$  estabelecido, faz com que a hipótese nula seja rejeitada.

▪ ***Teste de Mann-Whitney***

Em algumas situações, quando os pressupostos necessários para a utilização do teste t não são respeitados, costuma-se utilizar testes não paramétricos, como nesse caso para realizar a comparação dos grupos, o teste de *Mann-Whitney*. Esse teste é utilizado para comparar grupos de tamanhos iguais ou diferentes, de forma que avaliam se os dois grupos pertencem ou não a uma mesma população. A estatística calculada é avaliada de forma que valores baixos trazem evidências para a rejeição da hipótese nula de igualdade dos grupos, ou seja, para valores pequenos da estatística temos um resultado estatisticamente significativo. Pode ser utilizado também o  $p$ -value para avaliar a rejeição ou não da hipótese nula de igualdade de médias para os grupos avaliados, onde o  $p$ -value inferior ao valor de  $\alpha$  estabelecido, faz com que a hipótese nula seja rejeitada.

## **ANEXO I – Configuração do Monitor utilizado no *quasi*-experimento**

Para efeito de futura replicabilidade desta pesquisa, faz-se importante explicitar a configuração do monitor utilizado na execução deste *quasi*-experimento:

- Marca: Philips<sup>7</sup>.
- Modelo: 223V5LSB2.
- Tecnologia de exibição: LED Full HD.
- Tela: 16:9.
- Dimensões: 21,5 polegadas.
- Resolução: 1920 x 1080
- Taxa de atualização: 59,940 Hz.

---

<sup>7</sup> Ficha técnica do monitor utilizado no *quasi*-experimento:

[https://download.p4c.philips.com/files/2/223v5lsb2\\_10/223v5lsb2\\_10\\_pss\\_engsi.pdf](https://download.p4c.philips.com/files/2/223v5lsb2_10/223v5lsb2_10_pss_engsi.pdf)