


MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL EM UMA SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA COM AUXÍLIO DA REALIDADE VIRTUAL E DE BIOFEEDBACK

Douglas de Castro Brombilla^A, João Carlos Souza^B



ARTICLE INFO	RESUMO
<p>Article history: Received: May, 28th 2024 Accepted: July, 26th 2024</p>	<p>Objetivo: Construir um método para avaliar a percepção ambiental individual em uma situação de emergência, priorizando a percepção arquitetônica e, com isso, avaliar sua contribuição no processo de orientação.</p>
<p>Palavras-chave: Percepção Ambiental; Realidade Virtual; Situação de Emergência; Biofeedback.</p>	<p>Referencial Teórico: Foi realizada uma revisão da literatura sobre os seguintes temas: comportamento humano, simulação computacional, Realidade Virtual (VR) e biofeedback.</p>
	<p>Método: Criou-se um ambiente virtual com oito pontos de decisão, cada um explorando diferentes atributos arquitetônicos. Para mensurar o nível de estresse, utilizou-se um equipamento de biofeedback para captar a variação da frequência cardíaca (VFC). Para a coleta de dados, aplicou-se uma entrevista semiestruturada, a fim de determinar o nível de consciência (NC) e a visualização dos atributos arquitetônicos (VAA).</p>
	<p>Resultados e Discussão: O método mostrou-se eficiente, pois foi possível determinar se os participantes estavam transmitindo uma percepção real. Independentemente do estado de coerência cardíaca, o Nível de Consciência (NC) e a Visualização dos Atributos Arquitetônicos (VAA) apresentaram pontos percentuais próximos. Isso demonstra que a falta de coerência cardíaca impactou na visualização dos atributos arquitetônicos e, conseqüentemente, no nível de consciência.</p>
	<p>Implicações da Pesquisa: O estudo tem relevância no campo da evacuação emergencial e nas simulações computacionais. O método foi aplicado em uma instituição de ensino, e suas implicações são significativas, mas deve ser ampliado para outros setores e públicos.</p>
	<p>Originalidade/Valor: Este estudo contribui para a literatura por envolver a criação de um ambiente virtual diferenciado, que apresenta sempre a mesma tomada de decisão, independentemente das decisões anteriores. A relevância do estudo reside na influência da percepção arquitetônica em situações de emergência.</p>
	<p>Doi: https://doi.org/10.26668/businessreview/2024.v9i9.4867</p>

METHOD FOR ASSESSING ENVIRONMENTAL PERCEPTION IN AN EMERGENCY SITUATION WITH THE HELP OF VIRTUAL REALITY AND BIOFEEDBACK

ABSTRACT

Objective: To develop a method to assess individual environmental perception in an emergency situation, prioritizing architectural perception, and thus assess its contribution to the orientation process.

Theoretical Framework: A literature review was conducted on the following topics: human behavior, computer simulation, Virtual Reality (VR), and biofeedback.

^A Mestre em Arquitetura e Urbanismo. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS). Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil.

E-mail: douglas.brombilla@riogrande.ifrs.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3101-3667>

^B Doutor em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. E-mail: joao.carlos@ufsc.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4849-5810>

Method: A virtual environment was created with eight decision points, each exploring different architectural attributes. To measure stress levels, biofeedback equipment was used to capture heart rate variation (HRV). A semi-structured interview was used to collect data to determine the level of consciousness (LC) and visualization of architectural attributes (VAA).

Results and Discussion: The method proved to be efficient, as it was possible to determine whether the participants were transmitting a real perception. Regardless of the state of cardiac coherence, the Level of Consciousness (LC) and Visualization of Architectural Attributes (VAA) presented similar percentage points. This demonstrates that the lack of cardiac coherence impacted the visualization of architectural attributes and, consequently, the level of consciousness.

Research Implications: The study is relevant in the field of emergency evacuation and computer simulations. The method was applied in an educational institution, and its implications are significant, but it should be expanded to other sectors and audiences.

Originality/Value: This study contributes to the literature by involving the creation of a differentiated virtual environment, which always presents the same decision-making, regardless of previous decisions. The relevance of the study lies in the influence of architectural perception in emergency situations.

Keywords: Environmental Perception, Virtual Reality, Emergency Situation, Biofeedback.

MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LA PERCEPCIÓN AMBIENTAL EN UNA SITUACIÓN DE EMERGENCIA CON AYUDA DE REALIDAD VIRTUAL Y BIOFEEDBACK

RESUMEN

Objetivo: Construir un método para evaluar la percepción ambiental individual en una situación de emergencia, priorizando la percepción arquitectónica y, por tanto, evaluar su contribución al proceso de orientación.

Marco Teórico: Se realizó una revisión de la literatura sobre los siguientes temas: comportamiento humano, simulación por computadora, Realidad Virtual (VR) y biofeedback.

Método: Se creó un entorno virtual con ocho puntos de decisión, cada uno de los cuales explora diferentes atributos arquitectónicos. Para medir el nivel de estrés, se utilizó un equipo de biorretroalimentación para capturar la variación de la frecuencia cardíaca (VFC). Para la recolección de datos se aplicó una entrevista semiestructurada con el fin de determinar el nivel de conciencia (CN) y visualización de atributos arquitectónicos (VAA).

Resultados y Discusión: El método demostró ser eficiente, ya que fue posible determinar si los participantes estaban transmitiendo una percepción real. Independientemente del estado de coherencia cardíaca, el Nivel de Conciencia (NC) y la Visualización de Atributos Arquitectónicos (VAA) presentaron puntos porcentuales similares. Esto demuestra que la falta de coherencia cardíaca impactó la visualización de los atributos arquitectónicos y, en consecuencia, el nivel de conciencia.

Implicaciones de la investigación: El estudio tiene relevancia en el campo de la evacuación de emergencia y las simulaciones por computadora. El método fue aplicado en una institución educativa y sus implicaciones son significativas, pero debería ampliarse a otros sectores y públicos.

Originalidad/Valor: Este estudio contribuye a la literatura al involucrar la creación de un entorno virtual diferente, que presenta siempre la misma toma de decisiones, independientemente de decisiones anteriores. La relevancia del estudio radica en la influencia de la percepción arquitectónica en situaciones de emergencia.

Palabras clave: Percepción Ambiental, Realidad Virtual, Situación de Emergencia, Biorretroalimentación.

1 INTRODUÇÃO

Dentro do tema de prevenção e combate a incêndios e desastres, uma das práticas mais importantes é garantir a evacuação emergencial segura de todos os ocupantes do edifício em situações de emergência. Com frequência, os sobreviventes relatam possíveis momentos de desorientação durante a evacuação, o que pode causar certa "confusão" ao abandonar a edificação. Isso pode ser interpretado de diferentes formas, como dificuldades de orientação

devido à falta de sinalização adequada, falta de treinamento sobre como agir em emergências, edifícios com rotas de fuga complexas e descontrole emocional, que é imprevisível.

O pânico e o estresse emocional, por sua vez, são outros fatores que não devem ser ignorados, pois podem influenciar o processo de evacuação. O indivíduo, sob uma grande carga emocional, pode tomar decisões precipitadas e equivocadas.

[...] sob pressão, a pessoa fica nervosa. A respiração torna-se acelerada e curta, e a consequência é pouca oxigenação no cérebro. Nesse caso, a pessoa fica confusa, não consegue visualizar com clareza o objeto, o diálogo ou evento que está ocorrendo e não raciocina adequadamente. É preciso que a pessoa respire semi profundamente muitas vezes até que o cérebro fique oxigenado o suficiente para visualizar o quadro contextual e raciocinar com clareza, conduzindo os pensamentos até o fim. (Okamoto, 2014, p. 41).

Esse comportamento também pode ser influenciado pela Percepção do Risco (PR), que, de acordo com Kinateder et al. (2014), pode ser resultado da Consciência da situação, vulnerabilidade percebida, percepção de perigo, consciência da ameaça, avaliação do risco, comunicação do risco, clima de segurança, cultura de segurança, excitação e medo.

A partir do exposto, buscou-se um método que pudesse identificar, por meio da percepção individual, a influência que os atributos arquitetônicos podem ter em situações de emergência.

Ao pesquisar sobre as ferramentas e tecnologias mais utilizadas e validadas em estudos na área de simulação de emergências, notou-se questionamentos sobre a utilização de simuladores computacionais para avaliar o desempenho das saídas e a evacuação de edificações, no que diz respeito à captura de dados empíricos.

Na evacuação de emergência, alguns pontos importantes devem ser observados, como dimensões adequadas de corredores e portas, rotas livres de obstáculos, distâncias máximas a serem percorridas pelos usuários, sinalizações e saídas bem distribuídas, de acordo com a classificação da edificação.

Todos os itens mencionados são normativos e podem ser avaliados pelo desempenho na construção por meio de simulações computacionais que demonstram sua eficácia em diferentes cenários. Há diversos simuladores de evacuação disponíveis no mercado e muitas pesquisas sendo realizadas nesse campo, porém uma preocupação persistente é a interação entre a simulação computacional e o comportamento humano.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Existe uma grande parte da literatura que está relacionada com os acidentes ocorridos ao longo dos anos. Esses estudos captam relatos ou entrevistas de pessoas que estiveram presentes nos acidentes e fornecem informações valiosas sobre a percepção, o tempo de saída e os atrasos, pois somente quem passou por essa experiência pode relatar, com clareza, como ocorreram os fatos. De acordo com Tucker et al. (2018), os resultados desses estudos permitem explorar variáveis em novos estudos e oferecem ajuda quanto ao desenvolvimento de novos métodos e conceitos para aumentar a eficiência da evacuação emergencial. Um dos acidentes que gerou maior informação e que foi muito estudado foi o do World Trade Center, por exemplo.

Ainda Tucker et al. (2018) destaca as várias considerações que podem influenciar a escolha de um evacuado na rota de saída: familiaridade com as saídas disponíveis do edifício, as escolhas feitas por outros evacuados, as informações fornecidas por brigadistas ou pela sinalização do edifício, e muito mais.

Esses estudos destacam várias variáveis relacionadas ao comportamento humano, sendo uma delas a tomada de decisão de evacuação, que está diretamente ligada ao risco percebido. Assim, quanto menor o risco percebido, maior é o fator de risco que impacta em decisões de evacuações tardias e atrasos significativos (Gershon et al., 2007). Além da percepção do risco, outro fator que chama a atenção nos estudos é a familiaridade dos ocupantes com o prédio, ou não. De acordo com Gershon et al. (2011), em um estudo sobre a evacuação ocorrida no acidente com as torres gêmeas (WTC), apenas 20% dos entrevistados estavam confiantes e sabiam a localização de todas as portas de saída que levavam às escadas. No entanto, 72% não sabiam a localização dessas nos pisos do saguão, e apenas 21% consideraram estar muito familiarizados com o edifício.

Portanto, a literatura explora a complexidade do tema e as diversas variáveis envolvidas, tornando cada vez mais essencial a realização de pesquisas para compreender o comportamento humano em situações de emergência. Ao analisarmos a evacuação emergencial, lidamos com um problema complexo, uma vez que se trata de um assunto interdisciplinar e de grande importância (Mu et al., 2013).

Por meio de estudos de acidentes, foram desenvolvidos outros métodos que buscam cada vez mais captar as variáveis envolvidas em uma situação de emergência. Especialmente na última década, vários estudos têm sido realizados para melhor compreender as reações, interpretações, sentimentos e decisões dos indivíduos.

Destacam-se alguns estudos, como por exemplo: Erkan (2018) que analisou imagens cerebrais utilizando um Eletroencefalograma (EEG) para identificar os efeitos do projeto arquitetônico no processo cognitivo e de localização em uma situação de emergência; Arias et al. (2019) que avaliou o comportamento individual para estudo forense de incêndios já ocorridos; e Shaw et al. (2019) que utilizou uma avaliação multissensorial com foco nas sensações térmicas e olfativas.

Essa gama de estudos prioriza a imersão por meio da utilização de simuladores de Realidade Virtual (VR). É importante destacar essa ferramenta, pois é considerada importante e consolidada nos estudos da área.

A Realidade Virtual (VR) é enfatizada em vários estudos por ser uma ferramenta que facilita a coleta de dados e não expõe os participantes a riscos. Outro fator importante é a possibilidade de erro por parte do pesquisador, sem que haja prejuízo ou acidente grave, e também a vantagem de realizar treinamentos e aprendizados com a ferramenta (Bernardes et al., 2015; Bode, 2014; Shaw et al., 2019).

Também é destacada nos estudos a importância de compreender os níveis de estresse, ansiedade e fatores emocionais presentes em situações de emergência. Assim, torna-se crucial medir fatores fisiológicos ou até mesmo realizar o mapeamento cerebral para uma melhor compreensão das questões relacionadas à psicofisiologia. Esses estudos são conhecidos como Comportamento Humano em Incêndios (HBiF).

Em um estudo conduzido por Kinatader et al. (2014), são destacados pontos importantes a serem considerados no estudo de imersão utilizando ambientes virtuais em laboratórios. Os autores ressaltam que a realidade virtual pode ser empregada na criação de experimentos laboratoriais complexos em HBiF. Além disso, possibilita a análise da reação dos ocupantes a sinais de incêndio, como chamas ou fumaça, e a coleta precisa de dados comportamentais e psicofisiológicos durante eventos simulados controlados. Os cenários virtuais podem ser elaborados com um nível extremamente detalhado, permitindo assim a investigação dos processos subjacentes à HBiF (por exemplo, fenômenos como: percepção de risco dos ocupantes, influência social, influências arquitetônicas, habilidades de navegação em ambientes com fumaça, etc.). Nesse sentido, os estudos de realidade virtual podem contribuir para uma compreensão mais aprofundada da HBiF.

Como mencionado anteriormente, diversas variáveis influenciam a tomada de decisão em situações de emergência. Diversos estudos foram realizados abordando diferentes variáveis,

tanto de forma isolada quanto em ambientes virtuais. Serão priorizados os estudos que consideram as decisões ou reações individuais.

Uma das variáveis exploradas é a percepção espacial do indivíduo ao se deslocar em uma evacuação de emergência, utilizando Realidade Virtual. Em pesquisas como a de Jansen-Osmann (2002), foi analisada a distância a ser percorrida durante uma evacuação levando em conta o número de curvas, investigando o papel das características ambientais na cognição em relação à distância. Os resultados indicam que uma rota com mais curvas é percebida como mais longa do que uma rota do mesmo comprimento físico com menos curvas. Os participantes estimam a distância percorrida com base no esforço necessário durante a caminhada.

Já no estudo de Lin et al. (2020), a percepção espacial é investigada para compreender se o conhecimento espacial influencia o comportamento de evacuação em uma estação de metrô na cidade de Pequim. Utilizando os conceitos de Wayfinding, Ewart e Johnson (2021) conduziram uma pesquisa sobre o comportamento que afeta o projeto e o Wayfinding, e a percepção do efeito da familiaridade com o layout de um edifício.

Outra variável frequentemente estudada na área é a orientação espacial através da avaliação das interpretações dos conceitos de Wayfinding em situações de emergência. Em um estudo realizado por Tang et al. (2008), foi investigado como a sinalização de emergência contribui para a orientação, analisando o impacto da sinalização na eficácia do Wayfinding, bem como a influência do gênero e da formação profissional nos resultados. Por sua vez, Carattin et al. (2011) examinaram os critérios arquitetônicos de Wayfinding para o planejamento de ambientes complexos em cenários de emergência.

Carattin et al. (2012) investigaram a capacidade humana de encontrar áreas de refúgio, utilizando um hospital na Itália como ambiente virtual, com o objetivo de analisar se o tipo de instruções fornecidas às pessoas influencia seu comportamento de orientação na localização dessas áreas. Por outro lado, Xia et al. (2021) examinaram a eficácia das comunicações de emergência na disseminação de informações e na intervenção comportamental durante a evacuação de um edifício, considerando a presença de fontes de informação concorrentes e até conflitantes.

Diversas pesquisas vão além de apenas avaliar a percepção dos usuários utilizando ferramentas para medir e analisar as reações psicofisiológicas durante situações de emergência. Esses estudos utilizam, além da Realidade Virtual (VR), dispositivos confiáveis para coletar dados sobre as reações do corpo humano. Como mostrado por Occhialini et al. (2016), a eficácia

dos sinais de saída (reflexivos e fotoluminescentes) em termos de tipo e localização é avaliada de acordo com métodos experimentais neurológicos para quantificação numérica relacionada.

Para conduzir a pesquisa em questão, foi empregado um Eletroencefalograma (EEG) modelo P300, que possibilitou analisar a detecção de sinais para além da resposta consciente do participante. Utilizando o mesmo dispositivo EEG, Erkan (2018) analisou os impactos do gênero, idade, nível educacional e altura do teto no processo cognitivo e investigou esses efeitos no projeto arquitetônico por meio de uma técnica de imagem cerebral. Enquanto isso, para avaliar o nível de ansiedade em uma situação de emergência, Turker (2018) mensurou as reações fisiológicas através da medição contínua da frequência cardíaca (HR) e da resposta galvânica da pele (GSR).

Nos resultados, os autores ressaltam que pesquisas subsequentes podem acompanhar o grau de ansiedade dos voluntários por meio de avaliações físicas. Em contrapartida, no artigo de Kim (2020) foram examinadas as reações psicofisiológicas dos moradores do prédio em relação ao ambiente interno e às variações na quantidade de CO₂, através da medição da pressão arterial (PA).

Importante também para uma pesquisa de percepção é entender o estresse envolvido conforme o comportamento humano em uma emergência. Segundo Valentin e Ono (2006), diante de uma situação de emergência, independentemente de sua experiência anterior, idade, sexo ou treinamento, toda pessoa envolvida sentirá algum estresse.

Em estudos mais antigos, colocava-se que os indivíduos acabavam por ter reações semelhantes às de seres primitivos e a multidão era chamada de rebanho. Conforme Steinberg (2005), quando estudamos as características fundamentais de uma multidão, percebemos que ela é guiada, quase que exclusivamente, por motivos inconscientes. Seus atos estão mais sob a influência da espinha dorsal do que do cérebro. A esse respeito, uma multidão se aproxima muito dos seres primitivos. Com o passar dos anos e os estudos na área, esse conceito de seres primitivos começou a ser questionado. Conforme Drury et al. (2009), a pesquisa de evacuação moderna tende a renunciar à explicação do pânico e a abordar o dinamismo da multidão com mais nuances, considerando a tomada de decisão do evacuado e os fatores sociais, físicos e situacionais associados.

Conforme Mu et al. (2013), os fatores-chave na evacuação estão ligados à atitude dos indivíduos e às suas decisões. Geralmente, as principais ações tomadas contra uma chama ou incêndio são informar as pessoas sobre o evento, vestir ou levar objetos pessoais, permanecer no mesmo local (em choque), aguardar ajuda e sair do local. Além disso, o comportamento

humano pode ser definido como a combinação de componentes fisiológicos, psicológicos e das situações ambientais do momento (fogo, fumaça, ruído).

Assim como exposto anteriormente este método, foi construído e focado no processo de decisão do indivíduo (durante os períodos de preparação e saída de emergência) em relação à sua percepção visual da arquitetura e às respostas fisiológicas diante de uma situação de emergência.

3 MÉTODO

Como se trata de um método para avaliação em uma situação de emergência, um dos pontos principais é que os pesquisados não poderiam saber do que se tratava o estudo, desta forma, aproximando ao máximo de uma situação real.

Nestes experimentos, é de grande importância que os participantes não soubessem qual era o objetivo do experimento. Caso contrário, eles poderiam antecipar a emergência, frustrando o propósito do experimento e apresentando dados que não mostrariam necessariamente como as pessoas se comportam em uma situação real (Arias et al., 2020).

A partir deste ponto, a proposta do método aconteceu da seguinte forma:

Primeiro, a construção de um ambiente virtual mais próximo da realidade através da sua renderização, valorizando e priorizando as diferenciações dos atributos arquitetônicos a serem explorados e transmitindo aos pesquisados uma sensação de realismo em um ambiente ainda não conhecido por eles.

Logo após a construção do ambiente virtual, sentiu-se a necessidade da criação de uma “tarefa falsa” para que os pesquisados fossem pegos de surpresa no momento dos sinais indicativos de emergência, o que também potencializa o realismo proposto pelo estudo.

Ainda dentro do realismo, e para que o pesquisado se sinta realmente em uma situação de emergência, é importante proporcionar a imersão. Sendo assim, optou-se pela utilização de uma ferramenta de Realidade Virtual (VR).

Por se tratar de uma pesquisa de percepção ambiental, a coleta de dados contou com técnicas que possibilitaram captar as sensações e as percepções dos pesquisados da seguinte forma: entrevista semiestruturada e a captação da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) através de um equipamento de biofeedback, coletando dados de ansiedade e estresse. A etapa de coleta de dados foi realizada em uma única fase.

Para avaliar os resultados, optou-se pela triangulação dos dados da Variação da Frequência Cardíaca (VFC), da Visualização dos Atributos Arquitetônicos (VAA) e do Nível de Consciência (NC) nas tomadas de decisão.

A amostragem foi não probabilística e por conveniência, realizada no interior do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) – Campus Rio Grande - RS. No início, foi estipulado um número em torno de 30 pesquisados. Estipulou-se que a amostra deveria estar enquadrada na faixa etária de 18 a 60 anos, de ambos os sexos, que não tivessem passado por nenhuma experiência traumática anterior em uma situação de emergência e que não possuíssem deficiências auditiva, visual e/ou mental, conforme o Decreto 3.298, de 20 de dezembro de 1999, Art. 4º, incisos II, III e IV.

O estudo acabou totalizando uma amostra de 40 pesquisados, sendo 22 estudantes e 18 servidores, dos quais 26 eram do sexo masculino e 14 do feminino. As faixas etárias foram divididas da seguinte forma: até 20 anos, de 20 a 30 anos, de 30 a 40 anos, de 40 a 50 anos e de 50 a 60 anos.

A delimitação da amostra foi importante na retirada e eliminação de dois pesquisados. O primeiro, um participante de 60 anos, não conseguiu controlar o joystick da Realidade Virtual (VR), o que impossibilitou a sua participação; a outra participante sofria de labirintite, o que a fez desistir do estudo.

O projeto foi registrado no Comitê de Ética em Pesquisa na data de 29/07/2021 com CAAE: 50472221.5.0000.0121, sendo obtida a aprovação para a aplicação da pesquisa em 19/08/2021 através do parecer número 4.917.175.

3.1 CONSTRUÇÃO DO AMBIENTE VIRTUAL

A construção do Ambiente Virtual considerou as normas vigentes utilizadas em Projetos de Prevenção Contra Incêndios (PPCI) no que tange à evacuação das edificações, como dimensionamentos, sinalizações e equipamentos de proteção (Figura 1).

Figura 1

Ambiente virtual.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O ambiente virtual simulou uma edificação de uso coletivo (prédio de escritórios). A escolha desse prédio se fez necessária por ser um local de pouca permanência ou até mesmo de primeira visita (sem conhecimento prévio e treinamento).

No ano de 2022, foi realizado um estudo piloto e, desta forma, sentiu-se a necessidade de aumentar o número de tomadas de decisão e os elementos arquitetônicos envolvidos. Dessa forma, precisou-se que todos os pesquisados estivessem sempre posicionados no mesmo local virtual para tomar a próxima decisão, independentemente da tomada de decisão anterior.

Foi então que se optou pela utilização das propriedades das Cadeias de Markov, conhecidas como processos estocásticos (aleatórios). Pode-se fazer previsões sobre o futuro com base somente em seu estado atual, independentemente do que aconteceu no passado até esse estado atual. Em outras palavras, condicional ao estado atual do processo, suas evoluções futuras e passadas são independentes (Da Silva, 2021).

Na pesquisa, foi utilizada a caminhada aleatória (Random Walk), ou seja, a distribuição de probabilidade para o próximo estado é uma normal com variância e média (valor esperado) iguais ao estado atual.

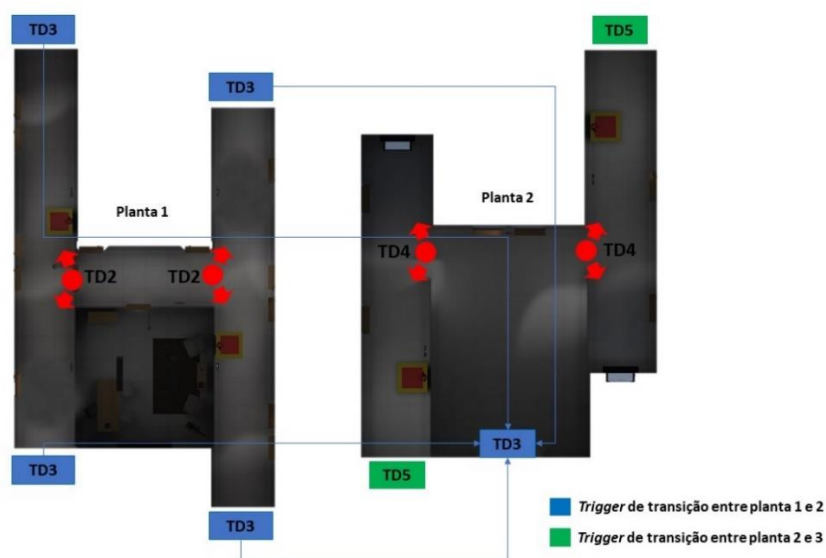
Dessa forma, não houve decisão certa ou errada; o pesquisado decidiu ir para a direita ou para a esquerda e, como em um jogo, ele passou "de fase" e entrou em um novo ambiente. O participante não sabia, mas este novo cenário que se apresentava, independentemente da decisão anterior, esquerda ou direita, era o mesmo para ambas as alternativas. Agora, ele deveria tomar uma nova decisão. O processo se repetiu.

Portanto, para melhor organizar e facilitar a construção do ambiente virtual com a teoria das Cadeias de Markov, optou-se por dividir as oito tomadas de decisão em quatro plantas da seguinte forma: planta 1 – Tomada de decisão 1 e Tomada de decisão 2; planta 2 – Tomada de decisão 3 e Tomada de decisão 4; planta 3 – Tomada de decisão 5 e Tomada de decisão 6; planta 4 – Tomada de decisão 7 e Tomada de decisão 8.

Sendo assim, na segunda tomada de decisão de cada planta, havia o chamado trigger (acionador) de uma nova planta. Como em um game, poderia ser chamado de checkpoint (ponto de verificação), no qual o jogador “passa de fase”. Por exemplo, ao definir o lado na TD2 na planta 1, ao chegar ao final do corredor, o pesquisado aciona o trigger, visualizando a TD3. Na TD4 na planta 2, ao final do corredor, aciona o trigger, visualizando a TD5, e assim sucessivamente (Figura 2).

Figura 2

Definição dos Trigger nas plantas 1 e 2.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Cada tomada de decisão, dentre as 8, priorizou determinados atributos arquitetônicos, da seguinte forma: a TD1 tem a sinalização de emergência indicando a saída para ambos os lados; na TD2 foi colocada fumaça e sinalização apenas para o lado da fumaça; na TD3 havia uma diferença de altura entre os pés-direitos; na TD4, um corredor com janela (sem saída) e outro corredor livre; na TD5, um corredor estreito e um amplo com elemento de vidro; na TD6, para um lado, um corredor estreito com pé-direito alto e, para o outro lado, um corredor largo com pé-direito baixo; na TD7, a diferenciação entre os corredores por cor, um com uma cor

mais clara e outro com uma cor mais escura; na TD8. Não serão avaliados pelo método os pisos e elementos decorativos tanto fixos como móveis.

As principais premissas para a elaboração do ambiente virtual estão baseadas no realismo virtual, comportamental e na interatividade.

O realismo virtual está ligado ao nível satisfatório do ambiente virtual em chegar perto da realidade. Se o experimento de VR se destina a observar o comportamento natural (por exemplo, tentativas de supressão de incêndio ou compartimentação, decisão de evacuar, alertando outros, esforços de autopreservação, escolha de rota, entre outros) é necessário que o Ambiente Virtual leve o participante a operá-lo como faria na realidade. O desenho do Ambiente Virtual deve, portanto, visar um nível satisfatório de realismo. (Arias et al., 2020)

Ter um ambiente virtual realista não significa que o comportamento será realista. Para a pesquisa, o comportamento realista está ligado a uma reação inesperada através da simulação de uma situação de emergência. Portanto, optou-se por não relatar os acontecimentos que ocorrerão após a adaptação/treinamento no ambiente inicial (Figura 3) e, com isso, criar uma “tarefa falsa”.

Conforme Arias et al. (2020), uma tarefa falsa, mesmo que não apresentada como tal, exigirá que os participantes prestem atenção a ela e mudem o foco do laboratório para o cenário de VR. A tarefa deve ter alguma credibilidade no cenário, a fim de não afetar o realismo percebido.

Figura 3

Ambiente virtual para adaptação e realização da tarefa falsa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Além de ser uma “tarefa falsa”, a atividade serviu também como adaptação ao ambiente virtual e aos comandos do joystick. A tarefa consistiu em abrir as portas de um armário e pegar uma caneca de café.

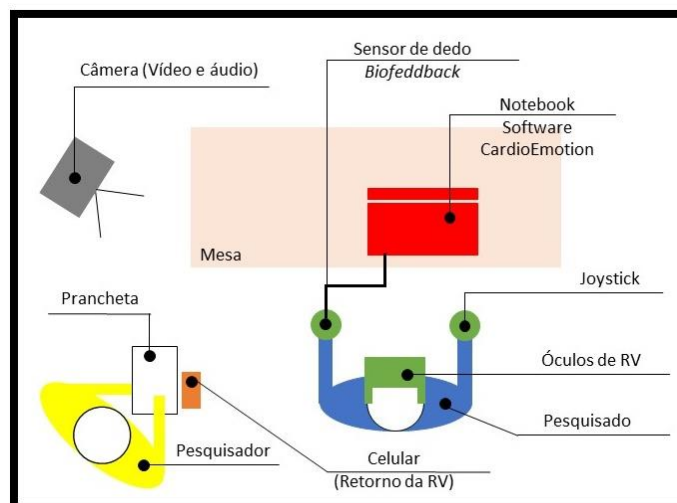
Após pegar a caneca, o pesquisado pôde andar com ela e colocá-la, por exemplo, sobre a mesa. Quando a caneca é colocada sobre a mesa, ocorre o que se chama de “gatilho”, e então começa a contagem de 30 (trinta) segundos para o acionamento do alarme de incêndio e o desligamento da energia, deixando o ambiente apenas com a iluminação de emergência. Enquanto o pesquisado realizava as atividades propostas, ouvia vozes no ambiente em volume baixo, o chamado burburinho.

3.2 EQUIPAMENTOS

Para a obtenção dos dados, foram utilizados os seguintes equipamentos: câmera de filmagem (vídeo e áudio), computador (notebook), equipamento de Biofeedback, óculos de realidade virtual, joystick, celular e prancheta. Abaixo está o layout de organização dos equipamentos no laboratório (Figura 4).

Figura 4

Layout dos equipamentos no laboratório.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A extensão do ambiente virtual foi executada diretamente nos óculos da marca Oculus® Go (32GB) (Figura 5), que possui a VR integrada. O equipamento de Biofeedback utilizado foi da marca CardioEmotion® Home (Figura 5), desenvolvido para captar a coerência cardíaca,

um estado psicofisiológico caracterizado pela sincronia e pelo equilíbrio entre o ritmo cardíaco, as emoções e algumas funções oscilatórias do corpo, como respiração e pressão arterial.

O original deverá ser formatado em folha A4, com espaço simples, fonte Times New Roman, tamanho 12, justificado. As margens superior e esquerda devem apresentar 3 cm e as margens inferior e direita, 2 cm.

Figura 5

Óculos de Realidade Virtual e o Biofeedback em utilizado no estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ambos os equipamentos não necessitam de calibragem. Os óculos de realidade virtual apenas reproduzem o ambiente que foi criado e nele instalado, enquanto o equipamento de Biofeedback utiliza um software do fabricante para analisar os dados coletados, dependendo apenas de uma estabilização de poucos minutos no pesquisado.

3.3 ENTREVISTAS

Para a realização da coleta de dados da pesquisa, optou-se pela utilização da entrevista semiestruturada. A entrevista é uma ferramenta importante para captar a percepção do usuário logo após a imersão no ambiente virtual e, com isso, avaliar a Visualização dos Atributos Arquitetônicos (VAA) e o Nível de Consciência (NC).

A cada tomada de decisão, o pesquisado foi questionado sobre sua escolha com o auxílio de imagens. Assim, marcava-se o lado através das opções "Letra A" ou "Letra B" e, a partir disso, iniciava-se a entrevista com as particularidades de cada lado escolhido, conforme o exemplo do roteiro de entrevistas da TD1 (Figura 6).



Figura 6

Exemplo do Roteiro da Entrevista semiestruturada.

Nome: _____	Data: _____	Hora: _____
Idade: _____	Gênero: _____	Profissão: _____

Tomada de Decisão (TD1)

Decisão com sinalização de saída para ambos os lados – (A) Porta estreita com sinalização de saída; (B) Corredor livre sem porta.

Esquerda	Direita
	
A ()	B ()

1 - Porque a decisão pela porta estreita?	1 - Porque a decisão pelo corredor sem porta?
2 - Foi observada a sinalização de emergência?	2 - Foi observada a sinalização de emergência?
3 - Outro fator influenciou na decisão?	3 - Outro fator influenciou na decisão?

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na TD1, os pesquisados foram questionados com 3 (três) perguntas: por que decidiram por aquele lado, se observaram a sinalização de emergência e se outro fator influenciou.

Na TD2, os pesquisados foram questionados com 3 (três) ou 4 (quatro) perguntas: por que decidiram por aquele lado, no caso de optarem pelo lado da fumaça, se não ficaram com medo, se observaram a sinalização de emergência e se outro fator influenciou.

Na TD3, os pesquisados foram questionados com 3 (três) perguntas: por que decidiram por aquele lado, se sentiram falta da sinalização de emergência e se outro fator os influenciou.

Na TD4, os pesquisados foram questionados com 3 (três) perguntas: por que decidiram por aquele lado, se optaram pelo lado oposto à janela, se a identificaram; se optaram pelo lado da janela, se a luminosidade interferiu e se outro fator os influenciou.

Na TD5, os pesquisados foram questionados com 2 (duas) ou 3 (três) perguntas: por que decidiram por aquele lado, se optaram pelo corredor mais largo, se o vidro influenciou na decisão e se outro fator os influenciou.

Na TD6, os pesquisados foram questionados com 3 (três) perguntas: por que decidiram por aquele lado, se a altura do pé direito influenciou e se outro fator os influenciou.

Na TD7, os pesquisados foram questionados com 3 (três) perguntas: por que decidiram por aquele lado, se a cor foi importante para a tomada de decisão e se outro fator os influenciou.

Na TD8, os pesquisados foram questionados com 3 (três) perguntas: por que decidiram por aquele lado, se a diferença de cor ao fundo do corredor ajudou de alguma forma na decisão e se outro fator os influenciou.

É importante ressaltar que foi utilizado um aplicativo da própria empresa dos óculos VR para espelhar a imersão do pesquisado e acompanhar em tempo real. Isso se fez necessário caso o pesquisado não lembrasse para que lado optou em determinada tomada de decisão ou mudasse o lado no momento da entrevista. Outro ponto importante foi a gravação de todas as entrevistas para posterior transcrição.

3.4 DEFINIÇÃO DO NÍVEL DE CONSCIÊNCIA (NC)

Para identificar o nível de consciência dos pesquisados, foram criados quesitos que, através das entrevistas, permitiram identificar o nível de consciência de cada pesquisado no momento de cada tomada de decisão, levando em consideração os atributos arquitetônicos a serem estudados. Esses quesitos foram divididos em decisão consciente e decisão inconsciente, conforme Figura 7.

Figura 7

Quesitos para a definição do Nível de Consciência (NC)

C – Decisão Consciente	I – Decisão Inconsciente
Identificou sinalização de emergência	Não identificou a sinalização de emergência
Olhou para ambos os lados para tomar a decisão	Não olhou para ambos os lados para tomar a decisão
Viu a fumaça e avaliou	Não identificou e nem viu os atributos arquitetônicos
Identificou e avaliou os atributos arquitetônicos	Não lembra/não sabe da decisão
Realizou outras observações	Agiu pelo instinto (verbalizou)

Fonte: Elaborado pelo autor

Desta forma, foi possível identificar, mediante a coleta de dados, como os indivíduos tomaram suas decisões com base na consciência em relação ao lugar e no que estavam pensando no momento da emergência.

3.5 VARIAÇÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA (VFC)

A Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) é considerada um indicador consistente do funcionamento do sistema autônomo do indivíduo. Desta maneira, a avaliação será a chamada frequência cardíaca instantânea, pois foi utilizado um software que traduz em um

gráfico de onda de frequência cardíaca, onde cada ponto representa a frequência cardíaca instantânea durante a imersão na Realidade Virtual. Através desta avaliação, pode-se detectar variações cardíacas que acontecem devido à respiração e, dessa forma, avaliar se houve estresse ou medo durante a imersão.

O equipamento utilizado (CardioEmotion®) foi desenvolvido para captar a coerência cardíaca, um estado psicofisiológico caracterizado pela sincronia e equilíbrio entre o ritmo cardíaco, as emoções e algumas funções oscilatórias do corpo, como respiração e pressão arterial.

Conforme o software utilizado, as notas são atribuídas conforme o equilíbrio emocional do participante, sendo organizadas da seguinte forma: de 0 a 5 não se encontra em estado de coerência; de 5 a 8 se encontra em estado leve de coerência; de 8 a 10 se encontra em pleno estado de coerência.

Desta forma, o programa do equipamento define a chamada Coerência Cardíaca, que nada mais é do que o equilíbrio fisiológico e emocional. Isso se deve à variação radiada pelo Sistema Nervoso Autônomo (SNA), que possui dois ramos: o Sistema Simpático e o Sistema Parassimpático. Quando ocorre algum sinal de estresse ou pânico, o Sistema Simpático fica mais acelerado, demonstrando o desequilíbrio da pessoa. Quando a pessoa está em Coerência Cardíaca, os batimentos cardíacos, que se apresentavam irregulares, passam a ser uma senoide perfeita, determinando o estado de coerência.

4 CONCLUSÕES

Com o método proposto, as técnicas utilizadas e a aplicação do protocolo de pesquisa, o estudo aproximou-se do realismo esperado através das reações dos pesquisados, do estresse revelado e das respostas à entrevista semiestruturada.

Na aplicação da tarefa falsa, constatou-se que o objetivo do realismo foi alcançado, pois os pesquisados conseguiram se adaptar ao equipamento e ficaram realmente surpresos com os sinais de emergência. O aumento da frequência cardíaca de alguns durante o sinal de alarme indica que a sensação de realismo e a surpresa foram satisfatórias para o andamento da imersão e para os resultados obtidos no estudo.

O ambiente virtual atendeu às expectativas de realismo, pois os pesquisados demonstraram que tanto os elementos arquitetônicos quanto os equipamentos e a fumaça foram visualizados e, de certa forma, transmitiram a realidade para a pesquisa. Por meio das medições da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC), foi possível identificar em quais situações

ocorreram os picos de batimentos e em quais tomadas de decisão isso ocorreu e também revelou o estado de coerência cardíaca dos pesquisados. Através das entrevistas semiestruturadas, foi possível estratificar o nível de consciência (NC) e identificar o índice Visualização dos Atributos Arquitetônicos (VAA).

Ao realizar a triangulação dos resultados (VFC x NC x VAA), o método se mostrou eficiente, pois foi possível determinar se os pesquisados estavam realmente transmitindo a percepção real na entrevista. Foram comparadas as informações do estado de coerência cardíaca através da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) e o Nível de Consciência (NC), conforme os quesitos elaborados, e a Visualização dos Atributos Arquitetônicos (VAA).

O cruzamento foi realizado em 3 etapas, conforme o estado de coerência definido pelo equipamento de Biofeedback, sendo: estado de não coerência, estado de coerência leve e estado de coerência plena.

Independente do estado de coerência, o Nível de Consciência (NC) e a Visualização dos Atributos Arquitetônicos (VAA) tiveram pontos percentuais bem próximos. Isso demonstra que não estar no estado de coerência impactou na visualização dos atributos arquitetônicos e diretamente no nível de consciência.

Portanto, através do método proposto foi possível determinar as relações que cada indivíduo teve para tomar suas decisões, o que foi fundamental para avaliar a influência dos atributos arquitetônicos. De certa forma, existe uma tendência de que os atributos arquitetônicos influenciaram as tomadas de decisão, uns mais e outros menos.

Recomenda-se acrescentar variações a este método, como aumentar, por exemplo, o número de tomadas de decisão, identificando quantas são possíveis em uma situação de emergência, sem que haja um estresse excessivo devido à quantidade de tomada decisões.

Além do número de tomadas, seria interessante avaliar os pisos e elementos decorativos, sejam eles fixos ou móveis, que não foram contemplados nas entrevistas. Outro fator interessante seria a aplicação do método em edificações com formas complexas ou até mesmo em edificações históricas.

REFERÊNCIAS

- Arias, S. et al. (2020). Pursuing behavioral realism in Virtual Reality for fire evacuation research. *Interflam: Human behavior in fire*, (15), 1–11.
- Bernardes, S. M., Rebelo, F., Vilar, E., Noriega, P. & Borges, T. (2015). Methodological approaches for use virtual reality to develop emergency evacuation simulations for

- training, in emergency situations. In *6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015)* (pp. 6811–6818).
- Bode, N. W. F. & Codling, E. A. (2019). Exploring Determinants of Pre-movement Delays in a Virtual Crowd Evacuation Experiment. *Fire Technology*, 55(2), 595-615, Article.
- Bode, N. W. F., Kemloh Wagoum, A. U. & Codling, E. A. (2014). Human responses to multiple sources of directional information in virtual crowd evacuations. *Journal of the Royal Society Interface*, 11(91), Article.
- Carattin, E. (2011, oct. 21st). Wayfinding architectural criteria for the design of complex environments in emergency scenarios. In J. A. Capote & D. Alvear (ed.). *Evacuation and human behavior in emergency situations* (pp. 209-222). Advanced research workshop proceedings Santander, Universidad de Cantabria.
- Carattin, E. et al. (2012). Human wayfinding abilities to reach an area of refuge in a virtual environment. *Human behaviour in fire* (5th ed, p. 619).
- Da Silva, R. S. et al. (2021). *Cadeias de Markov e Modelagem Matemática: da abstração pseudo-empírica à abstração refletida com uso de objetos virtuais*. Editora Geral.
- Drury, J., Cocking, C., Reicher, S., Burton, A. et al. (2009). Cooperation versus competition in a mass emergency evacuation: A new laboratory simulation and a new theoretical model. *Behavior Research Methods*, 41(3), 957-970, Article.
- Erkan, İ. (2018). Examining wayfinding behaviours in architectural spaces using brain imaging with electroencephalography (EEG). *Architectural science review*, 61(6), 410–428, Turkey.
- Ewart, I. J. & Johnson, H. (2021). Virtual reality as a tool to investigate and predict occupant behaviour in the real world: the example of wayfinding. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 26, 286-302. DOI: 10.36680/j.itcon.2021.016,.
- Gershon, R. R. M. et al. (2011). *The World Trade Center evacuation study: Factors associated with initiation and length of time for evacuation*. Fire and materials. Published online in Wiley Online Library.
- Gershon, R. R. et al. (2007). Factors associated with high-rise evacuation: qualitative results from the World Trade Center Evacuation Study. *Prehosp Disaster Med*, 22(3), 165-73.
- Jansen-Osmann, P. & Berendt, B. (2002, March). Investigating distance knowledge using virtual environments. *Environment and Behavior*, 34(2), 178-193.
- Khazan, I. Z. (2013). *The clinical handbook of biofeedback: a step-by-step guide for training and practice with mindfulness*. John Wiley & Sons, Ltd., Publication, UK.
- Kim, J. et al. (2020). Building occupants' psycho-physiological response to indoor climate and CO2 concentration changes in office buildings. *Building and Environment*, 169. South Korea.
- Kinatereder, M. T., Kuligowski, E. D., Reneke, P. A. & Peacock, R. D. (2014). *A Review of Risk Perception in Building Fire Evacuation*. *Fire Science Reviews*. National Institute of Standards and Technology Technical Note 1840.

- Lin, J., Cao, L. & LI, N. (2020). How the completeness of spatial knowledge influences the evacuation behavior of passengers in metro stations: A VR-based experimental study. *Automation in Construction*, 113, China.
- Lehrer, P. M., Vaschillo, E. & Vaschillo, B. (2000). Resonant Frequency Biofeedback Training to Increase Cardiac Variability: Rationale and Manual for Training. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 25(3).
- Moss, D. (2004). Heart Rate Variability (HRV) Biofeedback. *Psychophysiology Today: The Magazine for Mind-Body Medicine*, 1, 4-11.
- Moussaïd, M., Kapadia, M., Thrash, T., Sumner, R. W. et al. (2016). Crowd behaviour during high-stress evacuations in an immersive virtual environment. *Journal of the Royal Society Interface*, 13(122), Article.
- Mu, H. L. et al. (2013). Pre-evacuation Human Reactions in Fires: An Attribution Analysis Considering Psychological Process. *Procedia Engineering*, 52, 290-296, China.
- Occhialini, M. et al. (2016). Fire exit signs: The use of neurological activity analysis for quantitative evaluations on their perceptiveness in a virtual environment. *Fire Safety Journal*, 82, 63-75. Italy.
- Okamoto, J. (2014). *Percepção ambiental e comportamento: visão holística na arquitetura e sua comunicação* (2. ed.). São Paulo: Mackenzie.
- Shaw, E., Roper, T., Nilsson, T., Lawson, G., Cobb, S. V. G. & Miller, D. (2019). The Heat is On: Exploring User Behaviour in a Multisensory Virtual Environment for Fire Evacuation. In *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems Proceedings (CHI 2019)* (pp. 4-9).
- Steinberg, J. G. (2005). *Desenvolvimento de modelo para simulação de situações de evacuação de multidões*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Campinas.
- Tang, C., Wu, W. & Lin, C. (2009). Using virtual reality to determine how emergency signs facilitate wayfinding. *Applied Ergonomics*, 40, 722-730, Taiwan.
- Tucker, A. et al. (2018). The effects of information and hazard on evacuee behavior in virtual reality. *Fire Safety Journal*, 99, 1-11.
- Valentin, M. V. & Ono, R. (2006). Saídas de emergência e comportamento humano: uma abordagem histórica e o estado atual da arte no brasil. In *Congresso Nutau*, São Paulo. Recuperado em 27 fevereiro, 2019, de <http://www.lmc.ep.usp.br/grupos/gsi/wp-content/nutau/valentin.pdf>
- Von Sivers, I., Templeton, A., Künzner, F., Köster, G. et al. (2016). Modelling social identification and helping in evacuation simulation. *Safety Science*, 89, 288-300. Article.
- Xia, X., Li, N. & González, V. A. (2021). Exploring the Influence of Emergency Broadcasts on Human Evacuation Behavior during Building Emergencies Using Virtual Reality Technology. *Journal of Computing in Civil Engineering*.