ARTIGO

A INFLUÊNCIA DOS ATRIBUTOS ARQUITETÔNICOS NA TOMADA DE DECISÃO EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

THE INFLUENCE OF ARCHITECTURAL ATTRIBUTES ON DECISION MAKING IN EMERGENCY SITUATIONS

LA INFLUENCIA DE LOS ATRIBUTOS ARQUITECTÓNICOS EN LA TOMA DE DECISIONES EN SITUACIONES DE EMERGENCIA

Douglas de Castro Brombilla [1], João Carlos Souza [2]

RESUMO:

Existem várias lacunas relacionadas à necessidade de evacuação em casos de emergência. A dificuldade em prever o comportamento humano e a desorientação dos ocupantes do edifício são os principais fatores. Daí a relevância de compreender melhor as percepções que cada indivíduo pode ter e sua relação com a arquitetura do local em um momento de emergência e, consequentemente, o seu comportamento. Diante desse contexto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a influência dos atributos arquitetônicos na tomada de decisão em situações de emergência, a partir do ponto de vista do indivíduo. Os atributos analisados foram as sinalizações de emergência, o dimensionamentos, a espacialidade, a altura do pé-direito, a luminosidade e as cores. Para a realização do estudo, foi adotada uma pesquisa exploratória, qualitativa e hipotético-dedutiva. A coleta de dados foi realizada com o uso de Realidade Virtual (VR), equipamentos de *Biofeedback* para avaliar a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e entrevistas semiestruturadas. Na análise dos dados, determinou-se o nível de consciência (NC) e a visualização dos atributos arquitetônicos (VAA). Dessa forma, foi possível cruzar os dados, verificando a relação entre o estresse detectado, a consciência no momento da tomada de decisão e a percepção dos atributos. Na triangulação dos dados (VFC x NC x VAA), os índices mostraram-se próximos nas tomadas de decisão com referência à importância dos atributos arquitetônicos para os participantes. Por meio da amostragem, constatou-se que há uma tendência de os indivíduos tomarem decisões conforme as variáveis arquitetônicas que se apresentam ao longo da planta.

PALAVRAS-CHAVE: Arquitetura, Percepção ambiental; Realidade virtual; *Biofeedback.*

[1] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS (Campus Rio Grande). Curso de Arquitetura e Urbanismo.

[2] Universidade Federal de Santa Catarina – USFC. Departamento de Arquitetura e Urbanismo.

Fonte de Financiamento:
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul.
Conflito de Interesse:
Declara não haver.

Ética em Pesquisa:
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).
CAAE:
50472221.5.0000.0121

Submetido em: 27/09/2024
Aceito em: 06/02/2025

How to cite this article:

BROMBILLA, Douglas de Castro; SOUZA, João Carlos. A influência dos atributos arquitetônicos na tomada de decisão em situações de emergência**. Gestão & Tecnologia de Projetos**. São Carlos, v20, n1, 2025.
https://doi.org/10.11606/gtp.v20i1.230082

ABSTRACT:

There are several gaps related to the need for evacuation in emergency situations. The difficulty in predicting human behavior and the disorientation of building occupants are the main factors. Hence the relevance of better understanding the perceptions that each individual may have and their relationship with the architecture of the place in an emergency and, consequently, their behavior. Given this context, this research aimed to evaluate the influence of architectural attributes on decision-making in emergency situations, from the individual's point of view. The attributes analyzed were emergency signage, dimensions, spatiality, ceiling height, luminosity, and colors. To conduct the study, an exploratory, qualitative, and hypothetical-deductive research was adopted. Data collection was performed using Virtual Reality (VR), biofeedback equipment to assess heart rate variability (HRV), and semi-structured interviews. In the data analysis, the level of consciousness (LC) and visualization of architectural attributes (VAA) were determined. In this way, it was possible to cross-reference the data, verifying the relationship between the stress detected, the awareness at the time of decision-making and the perception of the attributes. In the triangulation of the data (VFC x NC x VAA), the indexes were shown to be close in the decision-making with reference to the importance of the architectural attributes for the participants. Through sampling, it was found that there is a tendency for individuals to make decisions according to the architectural variables that are presented throughout the plan.

KEYWORDS: Architecture, Environmental perception; Virtual reality; Biofeedback.

RESUMEN:

Existen varias lagunas relacionadas con la necesidad de evacuación en casos de emergencia. La dificultad de predecir el comportamiento humano y la desorientación de los ocupantes del edificio son los principales factores. De ahí la relevancia de comprender mejor las percepciones que cada individuo puede tener y su relación con la arquitectura del lugar en un momento de emergencia y, en consecuencia, su comportamiento. En este contexto, esta investigación tuvo como objetivo evaluar la influencia de los atributos arquitectónicos en la toma de decisiones en situaciones de emergencia, desde el punto de vista del individuo. Los atributos analizados fueron señalización de emergencia, dimensiones, espacialidad, altura del techo, luminosidad y colores. Para realizar el estudio se adoptó la investigación exploratoria, cualitativa e hipotético-deductiva. La recolección de datos se realizó mediante Realidad Virtual (RV), equipos de biofeedback para evaluar la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC)y entrevistas semiestructuradas. En el análisis de datos se determinó el nivel de conciencia (NC)y la visualización de atributos arquitectónicos (VAA). De esta manera, fue posible cruzar los datos, verificando la relación entre el estrés detectado, la consciencia al momento de la toma de decisiones y la percepción de atributos. En la triangulación de datos (VFCxNCxVAA) los índices demostraron ser cercanos en la toma de decisiones con referencia a la importancia de los atributos arquitectónicos para los participantes. A través del muestreo se encontró que existe una tendencia de los individuos a tomar decisiones en función de las variables arquitectónicas que aparecen a lo largo del plano.

PALABRAS CLAVE: Arquitectura, Percepción ambiental; Realidad virtual; Biorretroalimentación.

INTRODUÇÃO

A partir dos diversos acidentes ocorridos, identificou-se que espaços com grande concentração de pessoas apresentam várias lacunas relacionadas à segurança dos ocupantes em situações emergenciais que demandem um esvaziamento rápido e eficaz da edificação.

É importante destacar que as tragédias impulsionaram avanços em legislações e normas, melhorias nos equipamentos de combate a incêndio, novos estudos sobre os revestimentos das edificações e uma maior utilização e aperfeiçoamento de simuladores computacionais.

Segundo Bode e Codling (2018), cada vez mais pesquisadores recorrem a experimentos controlados e a simulações em computador. Uma abordagem adicional, que vem ganhando popularidade, é a realização de experimentos totalmente controlados com participantes humanos em ambientes virtuais.

Todos os avanços citados estão relacionados à previsão de ocorrências futuras, mas o grande problema pode estar na imprevisibilidade associada ao comportamento humano. Conforme Valentin e Ono (2006), o ser humano, diante de uma situação de emergência, independentemente de sua experiência anterior, idade, sexo ou treinamento, sentirá algum nível de estresse. Daí a relevância de entender melhor as percepções que cada indivíduo pode ter em relação à arquitetura do local em um momento de emergência e, consequentemente, o seu comportamento.

Sobre o assunto da proteção contra incêndio, uma das providências mais importantes a se tomar é garantir a evacuação segura de todos os ocupantes do edifício em uma situação de emergência. Alguns itens normativos importantes devem ser observados, tais como: dimensões adequadas de corredores e portas, rotas livres de obstáculos, distâncias máximas a serem percorridas, sinalizações e saídas bem distribuídas, conforme a classificação da edificação. Além do atendimento aos itens normativos, demandam-se projetos bem elaborados, com medidas passivas e ativas adequadas, e também treinamento dos ocupantes.

As medidas passivas são proteções já incorporadas à construção do edifício, projetadas para garantir o seu desempenho em caso de emergência, independentemente de qualquer ação externa, como escadas, corrimãos, barras antipânico, placas de sinalização, etc. As medidas ativas são complementares às medidas de proteção passiva e entram em ação somente quando ocorre um incêndio, dependendo, para isso, de acionamento manual ou automático. Conforme Silva, Vargas e Ono (2010, p. 24), as proteções ativas "[...] são complementares às de proteção passiva e somente entram em ação quando da ocorrência de incêndio, dependendo, para isso, de acionamento manual ou automático."

O processo de evacuação de um local deve ser rápido e é fundamental para salvaguardar vidas em momentos de emergência. Independentemente do local, os incêndios devem ser controlados por meio de dispositivos de segurança, e os ocupantes devem ser direcionados com segurança por uma rota de fuga, sem barreiras, até um ponto de encontro ou uma área de refúgio, também denominada na literatura como zona de refúgio. As áreas de refúgio (AR) são locais projetados para manter os ocupantes dentro do prédio durante um incêndio ou outra emergência, quando a evacuação não for segura ou possível. Essas instalações são planejadas para permitir que os ocupantes aguardem até serem resgatados (Carattin et al., 2012, p. 557).

Dentre as variáveis importantes em uma situação emergencial, destacam-se a difícil previsibilidade do comportamento humano e a confusão psicológica dos indivíduos ao abandonarem a edificação. Essa "confusão" pode ser interpretada de diferentes formas: dificuldades de orientação devido à falha na sinalização, falta de treinamento sobre como se comportar em uma emergência, edificações com rotas de fuga complexas e o possível descontrole emocional. Conforme Gershon et al. (2011), em um estudo sobre a evacuação

ocorrida no acidente do *World Trade Center* (WTC), apenas 20% dos entrevistados estavam confiantes e sabiam a localização de todas as portas de saída que levavam às escadas.

O pânico e o estresse emocional, por sua vez, são fatores que não devem ser descartados, pois podem afetar o processo de evacuação. Um indivíduo sujeito a 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 semiprofundamente 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).*

Alguns conceitos também contribuem para a definição de Percepção de Risco (PR), conforme Kinateder et al. (2015): consciência situacional, vulnerabilidade percebida, percepção de perigo, consciência da ameaça, avaliação do risco, comunicação do risco, clima de segurança, cultura de segurança, excitação e medo.

É importante destacar que os treinamentos aumentam a cultura de segurança, tanto organizacional quanto individual, e podem valorizar o tema como uma premissa na gestão de segurança. Ressalta-se a importância de estimular a população a participar de treinamentos práticos de evacuação, seja por meio de empresas ou por ações isoladas em prédios ou condomínios.

A cultura de segurança resume os valores e crenças compartilhados em uma organização, os quais interagem com suas estruturas e sistemas de controle para produzir normas comportamentais relacionadas à segurança (Thompson et al., 1996). De acordo com Cardella (2012), a cultura de segurança sofre influência de elementos culturais, tais como: crenças (algo em que se acredita e não se questiona o porquê), heróis e mitos (histórias contadas sobre pessoas que arriscaram a vida), valores (algo importante para as pessoas) e afetos (fenômeno psíquico que se manifesta na forma de sentimentos). Essa cultura reflete, de certa forma, o conhecimento adquirido sobre o assunto ao longo do tempo.

Conforme abordado até agora, muitas variáveis estão envolvidas em um processo de evacuação. Por isso, é importante entender como ele ocorre e de que maneira é dividido. O processo de saída dos ocupantes de um edifício pode ser segmentado em dois períodos distintos: pré-evacuação e evacuação. O período de pré-evacuação pode ser subdividido em uma fase de pré-alarme e uma fase de percepção de risco, que termina quando a decisão de evacuação é tomada, iniciando a fase de ação de proteção (Kinateder et al., 2014).

Um ponto crucial no período de pré-evacuação é a decisão dos ocupantes de evacuar após receberem os sinais iniciais (alarme, fumaça, cheiro, etc.), o que marca a transição do comportamento de pré-evacuação para o de evacuação. Essa decisão depende, potencialmente, da Percepção de Risco (PR) dos ocupantes e de outros fatores humanos. A pré-evacuação é uma fase importante a ser estudada, pois muitas pessoas falham em agir de forma adequada, tomando decisões que podem atrasar o processo de evacuação. Considerando isso, reduzir a duração da fase de pré-movimento pode aumentar as chances de sobrevivência dos ocupantes (Kuligowski et al., 2010; Bernardes et al., 2015).

No tocante aos fatores humanos em uma emergência, esta pesquisa teve como objetivo avaliar, além dos itens normativos, como o indivíduo, por meio da percepção, se orienta espacialmente

para tomar decisões no ambiente construído, considerando os atributos arquitetônicos em uma situação de emergência, sem possuir conhecimento prévio da edificação.

A importância de avaliar o comportamento humano por meio da percepção dos atributos arquitetônicos em momentos de emergência reside no fato de que esses elementos podem impactar a tomada de decisão, tanto na orientação espacial quanto no deslocamento seguro durante a evacuação. Os atributos arquitetônicos observados durante a imersão no ambiente virtual foram os seguintes:

- Informação adicional (sinalização) – Placas indicativas de saídas.
- Dimensionamento (espacialidade) – Diferença no dimensionamento dos corredores.
- Altura (pé-direito) – Diferença na altura do teto dos corredores.
- Iluminação natural (luminosidade) – Entrada de iluminação natural por uma janela.
- Elemento decorativo (elemento fixo) – Colocação de um elemento decorativo.
- Cores (clara e escura) – Diferenciação entre as cores.

Os elementos mencionados acima, chamados de atributos arquitetônicos, são componentes de definição espacial. Esses elementos, juntamente com as aberturas, caracterizam os tipos de relações espaciais, determinando o grau em que o espaço se mantém autônomo ou se encontra mais ou menos conectado a outros espaços. A disposição e o distanciamento dos elementos no espaço afetam a percepção, permitindo que componham uma única unidade espacial ou criem um conjunto de subunidades espaciais (Reis, 2002).

A relação entre o homem e o espaço, no contexto do meio ambiente, tem sido objeto de questionamento quanto à formação do comportamento, visto que o ser humano é composto por dois universos: um exterior, em constante processo de adaptação ao meio, e outro interior, cuja motivação se manifesta em ações que respondem às interpretações dessa realidade. Nossos sentidos têm sido obliterados por uma educação parcial, que enfatiza o pensamento lógico-racional. Sentidos como visão, olfato, paladar, audição e tato são amplamente estudados nos compêndios de psicologia como importantes meios de compreensão e interação com o meio ambiente (Okamoto, 2014).

Diante disso, buscou-se avaliar a influência dos atributos arquitetônicos e projetuais mencionados nos períodos de pré-evacuação, ou seja, no intervalo entre o alarme e o início da movimentação, com a tomada de decisão realizada por meio da percepção individual.

Não foram avaliados os seguintes atributos arquitetônicos e locais da edificação: pisos, elementos decorativos (fixos ou móveis), halls de entrada e escadas.

REVISÃO DE LITERATURA

Uma grande parte da literatura é dedicada aos acidentes ocorridos ao longo dos anos. Esses estudos registram relatos ou entrevistas de pessoas que estiveram presentes nesses eventos, fornecendo informações valiosas sobre a percepção, o tempo de saída e os atrasos, pois apenas quem vivenciou essas experiências pode relatar, com clareza, como os fatos ocorreram. Segundo Tucker et al. (2018), os resultados desses estudos permitem explorar variáveis em novas pesquisas e contribuem para o desenvolvimento de métodos e conceitos que aumentem a eficiência da evacuação emergencial. Um dos acidentes mais estudados, que gerou uma vasta quantidade de informações, foi o do World Trade Center, em 11 de setembro de 2001.

Tucker et al. (2018) também destaca diversas considerações que podem interferir na escolha da rota de saída por um evacuado: familiaridade com as saídas disponíveis do edifício, as escolhas feitas por outros evacuados, as informações fornecidas por brigadistas ou pela sinalização do edifício, entre outros fatores.

Esses estudos ressaltam diversas variáveis relacionadas ao comportamento humano, sendo uma delas a tomada de decisão durante a evacuação, que está diretamente ligada ao risco percebido. Dessa forma, quanto menor o risco percebido, maior é o fator de risco que impacta as decisões de evacuação tardias, resultando em atrasos significativos (Gershon et al., 2007).

Além da percepção de risco, outro fator que chama a atenção nos estudos é a familiaridade dos ocupantes com o prédio, ou a falta dela. Segundo Gershon et al. (2011), em um estudo sobre a evacuação ocorrida no acidente do *World Trade Center* (WTC), apenas 20% dos entrevistados estavam confiantes e sabiam a localização de todas as portas de saída que levavam às escadas. No entanto, 72% desconheciam a localização dessas saídas nos andares do saguão, e apenas 21% se consideravam muito familiarizados com o edifício.

Portanto, a literatura aborda a complexidade do tema e as diversas variáveis envolvidas, tornando cada vez mais necessárias pesquisas para compreender o comportamento humano em situações de emergência. Ao estudar a evacuação emergencial, lidamos com um problema complexo, que envolve múltiplas disciplinas e possui grande relevância (Mu et al., 2013).

Com base em estudos de acidentes, outros métodos foram desenvolvidos, e há uma busca crescente por ferramentas capazes de captar as variáveis envolvidas em situações de emergência. Especialmente na última década, diversos estudos têm sido realizados para entender melhor as reações, interpretações, sentimentos e decisões dos indivíduos.

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

Essa variedade de estudos prioriza a imersão por meio da utilização de simuladores de Realidade Virtual (VR), destacando-se essa ferramenta na revisão de literatura desta pesquisa, por ser considerada uma tecnologia importante e consolidada nos estudos da área.

A Realidade Virtual (VR) é destacada em vários estudos por ser uma ferramenta que facilita a coleta de dados sem expor os participantes a riscos. Outro fator relevante é a possibilidade de o pesquisado cometer erros sem causar prejuízos ou acidentes graves, além da vantagem de permitir treinamentos e a aquisição de conhecimentos por meio de seu uso (Bernardes et al., 2015; Bode, 2014; Shaw et al., 2019).

São destacados nos estudos a importância de se entender os níveis de estresse, ansiedade e os fatores emocionais presentes em situações de emergência. Dessa forma, torna-se importante medir fatores fisiológicos ou até mesmo realizar o mapeamento cerebral para compreender melhor as questões ligadas à psicofisiologia. Esses estudos são chamados de *Human Behavior in Fire* (HBiF), isto é, comportamento humano em incêndios.

Em um estudo realizado por Kinateder et al. (2014), destacam-se importantes pontos de atenção em um estudo de imersão com a utilização de ambientes virtuais e seu uso em laboratórios. Os autores evidenciam que a Realidade Virtual (VR) pode ser usada para projetar experimentos de laboratório complexos em HBiF. Além disso, permite estudar de que forma os ocupantes reagem aos sinais de incêndio, como chamas ou fumaça, e para coletar dados comportamentais e psicofisiológicos precisos durante eventos simulados controlados. Os cenários virtuais podem ser projetados com um nível extremamente alto de detalhes. Dessa forma, podemos usar a VR para estudar os processos subjacentes ao HBiF (por exemplo, fenômenos como percepção de risco dos ocupantes, influência social, influências

arquitetônicas, habilidades de descoberta de caminhos na fumaça, etc.). À vista disso, os estudos com VR podem contribuir para um melhor entendimento do HBiF.

Como já mencionado, existem muitas variáveis envolvidas na percepção e na tomada de decisão em momentos de emergência. Vários estudos foram realizados considerando diferentes variáveis, tanto isoladamente quanto em ambientes virtuais. Os estudos que levam em consideração as decisões ou reações individuais têm sido priorizados.

Uma das variáveis exploradas é a percepção espacial do indivíduo (com o uso da Realidade Virtual) ao se deslocar em uma evacuação de emergência. Em estudos como o de Jansen-Osmann e Berendt (2002), analisou-se a distância percorrida em uma evacuação considerando o número de curvas, investigando o papel das características ambientais na cognição em relação à distância. Os resultados mostram que uma rota com mais curvas é superestimada em relação a uma rota de mesmo comprimento físico, mas com menos curvas. Os participantes estimam o comprimento do percurso com base no esforço despendido durante a caminhada.

No estudo de Lin et al. (2020), a percepção espacial foi analisada para compreender se o conhecimento espacial influencia o comportamento de evacuação em uma estação de metrô em Pequim. Utilizando os conceitos de *Wayfinding*, Ewart e Johnson (2021) realizaram um estudo sobre os comportamentos que influenciam o projeto e o *Wayfinding*, além de reconhecerem o efeito da familiaridade com o *layout* de um edifício.

Outra variável amplamente explorada em estudos na área é a orientação espacial, avaliada a partir das interpretações dos conceitos de *Wayfinding* em situações de emergência. Na pesquisa de Tang et al. (2009), por exemplo, investigou-se como a sinalização de emergência facilita a orientação, identificando o quanto a sinalização afeta a eficiência do *Wayfinding* e se gênero e formação profissional influenciam os resultados. Carattin (2011) avaliou critérios arquitetônicos de *Wayfinding* para o projeto de ambientes complexos em cenários de emergência.

Carattin et al. (2012) estudaram a habilidade humana de encontrar a área de refúgio utilizando, como ambiente virtual, um hospital na Itália, com o objetivo de analisar se o tipo de instruções dadas às pessoas influencia o comportamento de orientação na localização de áreas de refúgio (AR). Já Xia et al. (2021) avaliaram a eficácia das emissões de emergência na disseminação de informações e na intervenção comportamental durante a evacuação de um edifício, em meio a fontes de informação concorrentes e até mesmo conflituosas.

Muitas pesquisas vão além da avaliação da percepção dos usuários, utilizando ferramentas para medir e avaliar as reações psicofisiológicas dos indivíduos em situações de emergência. Além da Realidade Virtual (VR), os estudos fazem uso de equipamentos de coleta de dados confiáveis para avaliar as reações do corpo humano. Occhialini et al. (2016) destacam a eficácia dos sinais de saída (reflexivos e fotoluminescentes) em termos de tipo e posição, com base em um método neurológico experimental.

Para a realização deste estudo, foi utilizado um eletroencefalograma (EEG), modelo P300, que permitiu examinar a detecção de sinais além da resposta consciente do indivíduo. Utilizando a mesma ferramenta (EEG), Erkan (2018) avaliou os efeitos de gênero, idade, nível de educação e altura do teto no processo cognitivo, além de investigar esses efeitos no projeto arquitetônico por meio de um método de imagem cerebral. Já para estudar o nível de ansiedade em situações de emergência, Tucker (2018) mediu as reações fisiológicas por meio da medição contínua da frequência cardíaca (HR) e da resposta galvânica da pele (GSR).

Os autores destacam que estudos futuros podem monitorar o nível de estresse dos participantes utilizando medições fisiológicas. No estudo de Kim et al. (2020), foram analisadas

as respostas psicofisiológicas dos ocupantes de um edifício em relação ao clima interno e às mudanças na concentração de CO_2, com a medição da pressão arterial (PA).

É importante também, para uma pesquisa sobre percepção, compreender o estresse envolvido no comportamento humano durante uma emergência. Segundo Valentin e Ono (2006), em uma situação de emergência, independentemente da experiência anterior, da idade, do sexo ou treinamento, toda pessoa envolvida sentirá algum nível de estresse.

Estudos mais antigos apontavam que os indivíduos tendiam a ter reações semelhantes às de seres primitivos, sendo a multidão chamada de "rebanho". Conforme Steinberg (2005), ao estudar as características fundamentais de uma multidão, percebe-se que ela é guiada, quase exclusivamente, por motivos inconscientes. Seus atos estão mais sob a influência da espinha dorsal do que do cérebro. Nesse sentido, a multidão se aproxima muito dos seres primitivos. Contudo, com o avanço dos estudos na área, esse conceito de "seres primitivos" começou a ser questionado. Drury et al. (2009) afirmam que a pesquisa moderna de evacuação tende a renunciar à explicação baseada no pânico, abordando o dinamismo da multidão com mais nuances, considerando a tomada de decisão dos evacuados e os fatores sociais, físicos e situacionais envolvidos.

Mu et al. (2013) apontam que os fatores-chave na evacuação estão ligados à atitude dos indivíduos e às suas decisões. Geralmente, as principais ações realizadas em uma situação de incêndio incluem: informar as pessoas sobre o evento, pegar ou vestir objetos pessoais, permanecer no local (em estado de choque), aguardar ajuda ou sair do local. Além disso, o comportamento humano pode ser definido como a combinação de componentes fisiológicos e psicológicos, bem como das condições ambientais do momento (fogo, fumaça, ruído).

Conforme os estudos citados, a Realidade Virtual (VR) é uma ferramenta importante no processo de pesquisa na área, pois permite a imersão dos usuários em ambientes sintéticos gerados por computador, explorando os sentidos fundamentais do corpo humano, tais como visão, audição, tato e olfato (Guimarães, 2004).

A Realidade Virtual (VR) tem sido utilizada em diversas áreas do conhecimento, destacando-se, cada vez mais, como uma ferramenta eficaz na área de emergências e, mais especificamente, em incêndios e evacuações. Seu uso em estudos tem se concentrado, principalmente, em situações de fumaça e fogo, nas respostas e no tempo de evacuação, além de aspectos comportamentais do ser humano. No entanto, essas situações costumam ser estudadas separadamente (Bernardes et al., 2015). Ambientes virtuais interativos são ferramentas comprovadas para investigar a tomada de decisão humana em resposta a mudanças de circunstâncias, particularmente em evacuações (Gonzalez et al., 2005; Lipshitz et al., 2001).

As vantagens do uso dessa ferramenta em experimentos de evacuação são descritas de maneira positiva por diversos autores. Ela permite a realização de experimentos em psicologia social, cognição espacial e controle de movimento (Olivier et al., 2014), além de proporcionar boa interação com cenários de evacuação e permitir que erros sejam cometidos, possibilitando, assim, um aprendizado seguro (Bode et al., 2014; Bernardes et al., 2015; Bode e Codling, 2018; Shaw et al., 2019).

O uso do *Biofeedback* em pesquisas da área pode ser explicado pela facilidade de manuseio e pelos resultados alcançados. Por meio do *Biofeedback*, é possível registrar e monitorar marcadores fisiológicos para avaliar o funcionamento psicofisiológico associado ao sistema nervoso autônomo. O *Biofeedback* pode ser influenciado por uma variedade de fatores, como aspectos psicológicos, médicos e ambientais (Khazan, 2013).

Para a realização do estudo, optou-se pelo *Biofeedback* cardiovascular, uma técnica de autorregulação fisiológica do sistema nervoso autônomo (SNA), que modula as respostas do corpo a partir das informações provenientes do batimento cardíaco. Dessa forma, o indivíduo reage a estímulos fornecidos em tempo real, monitorando suas reações fisiológicas. Os efeitos positivos dessa técnica ocorrem, principalmente, quando o ritmo cardíaco entra em sintonia e ressonância com o ritmo respiratório, aumentando a amplitude das oscilações do batimento cardíaco (Lehrer et al., 2000; Moss, 2004).

MÉTODOS E TÉCNICAS

O estudo concentra-se diretamente no indivíduo, visando avaliar as relações entre este e o ambiente. O diferencial está na avaliação dessa relação com o agravante do estresse gerado por uma situação de emergência. Dessa forma, o estudo foca nas tomadas de decisão de forma individual, levando em consideração suas reações e percepções.

Como se trata de um estudo sobre uma situação de emergência, um dos pontos principais é que os participantes não saibam do que se trata o estudo, aproximando-se, assim, ao máximo de uma situação real.

> *Nestes experimentos foi de grande importância que os participantes não soubessem qual era o objetivo do experimento, caso contrário, eles poderiam esperar a emergência, frustrando o propósito do experimento e apresentar dados que não mostrassem necessariamente como as pessoas se comportam em uma situação real (Arias et al. 2020).*

A partir desse ponto, a proposta do método foi desenvolvida da seguinte forma:

Primeiramente, realizou-se a construção de um ambiente virtual o mais próximo possível da realidade, por meio de sua renderização, valorizando e priorizando as diferenciações dos atributos arquitetônicos a serem explorados. Além disso, buscou-se transmitir aos participantes uma sensação de realismo em um ambiente ainda desconhecido por eles.

Logo após a construção do ambiente virtual, identificou-se a necessidade de criar uma "tarefa falsa" para que os participantes fossem pegos de surpresa no momento dos sinais indicativos de emergência, o que também potencializou o realismo proposto pelo estudo.

Ainda dentro do conceito de realismo, e para que os participantes realmente se sentissem em uma situação de emergência, foi importante proporcionar a imersão. Assim, optou-se pela utilização de uma ferramenta de Realidade Virtual (VR). Para avaliar os resultados, decidiu-se pela triangulação entre a Variação da Frequência Cardíaca (VFC), a Visualização dos Atributos Arquitetônicos (VAA) e o Nível de Consciência (NC) nas tomadas de decisão.

A amostragem foi não probabilística e por conveniência, realizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS (Campus Rio Grande). Inicialmente, estipulou-se um número de aproximadamente 30 participantes. Determinou-se que a amostra deveria estar enquadrada na faixa etária de 18 a 60 anos, de ambos os sexos, e que os participantes não deveriam ter passado por nenhuma experiência traumática anterior em situações de emergência, além de não possuírem deficiências auditivas, visuais e/ou mentais, conforme o Decreto nº 3.298, de 20 de dezembro de 1999, Art. 4º, incisos II, III e IV.

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de ética em Pesquisa (CEPHS/UFSC) da Universidade Federal de Santa Catarina, em 06/07/2021, com o número CAAE: 50472221.5.0000.0121.

CONSTRUÇÃO DO AMBIENTE VIRTUAL

A construção do ambiente virtual considerou as normas vigentes utilizadas em Projetos de Prevenção e Combate a Incêndios (PPCI), no que tange à evacuação das edificações, abrangendo dimensionamentos, sinalizações e equipamentos de proteção.

O ambiente virtual simulou uma edificação de uso coletivo (um prédio de escritórios). A escolha deve-se ao fato de ser um local de curta permanência ou, até mesmo, de primeira visita (sem conhecimento prévio ou treinamento).

A primeira tomada de decisão (TD1) consiste em uma escolha com a possibilidade de auxílio da sinalização de emergência. Após abrir a porta da sala (adaptação), o participante deparou-se com um corredor, que constitui o primeiro ponto de tomada de decisão, com duas opções de direção: à esquerda, uma porta estreita com sinalização de saída; e, à direita, um corredor amplo e livre.

Ao tomar a decisão por qualquer um dos lados, o participante chegou à tomada de decisão 2 (TD2), em que optou por continuar seguindo a sinalização que indicava a saída: à esquerda, em direção ao corredor com fumaça; ou, à direita (Figura 1), em direção a um corredor amplo e livre, com a presença de um equipamento de segurança (extintor).

Figura 1. TD2 – Tomada de decisão para direita

Fonte: Autores, 2023.

A tomada de decisão 3 (TD3) consiste em escolher entre lados iguais, com a diferença na altura do pé-direito. A partir dessa tomada de decisão, não há mais sinalização de emergência. Na tomada de decisão 4 (TD4), o participante encontrou, à esquerda, um corredor amplo e livre, com um equipamento de segurança (extintor); e, à direita, um corredor com uma janela. Essa tomada de decisão é a única em que apenas uma das escolhas é considerada correta: o corredor amplo e livre.

A tomada de decisão 5 (TD5) consiste em escolher entre lados iguais, mas com diferenças na dimensão dos corredores e na presença de um elemento decorativo (vidro). Essa tomada de decisão não possui sinalização de emergência. Na tomada de decisão 6 (TD6), à esquerda, o participante encontrou um corredor largo e livre, porém com o pé-direito baixo; à direita, havia um corredor estreito e livre, mas com o pé-direito alto. A tomada de decisão 7 (TD7) consiste em escolher entre lados iguais, mas com diferença nas cores dos corredores: à esquerda, um corredor claro; e, à direita, um corredor com cor escura.

Por fim, na tomada de decisão 8 (TD8), o participante encontrou, à esquerda, um corredor com paredes escuras e, ao fundo, uma cor clara próxima à porta de saída de emergência; esse corredor também contava com um extintor. Já à direita, havia um corredor com paredes claras e, ao fundo, uma cor escura próxima à porta de saída de emergência.

O modelo virtual utilizado para a aplicação da pesquisa foi desenvolvido em três etapas, descritas a seguir (Quadro 1):

Etapas	Ação	Embasamentos da pesquisa e Ferramentas
Etapa 1	Desenho 2D	Embasamento: Dados normativos: NBR 9050 (2020) – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, NBR 9077 (2001) – Saídas de emergência em edifícios, Lei Estadual SC, nº 16.157, de 7 de novembro de 2013. Ferramenta: AutoCAD®
Etapa 2	Desenho 3D	Embasamento: Modelagem da espacialidade do ambiente, definição de texturas, mobiliários e equipamentos. Logo finalizado exportado com formato fbx. Ferramenta: Photoshop® e 3D Max®
Etapa 3	Modelagem virtual	Embasamento: Modelagem virtual para a aplicação da Realidade Virtual (VR). Utilização de Plugin da empresa OCULUS® Ferramenta: UNITY®

Quadro 1. Etapas da construção do ambiente virtual

Fonte: Autores, 2023.

Por se tratar de uma pesquisa de doutorado, foi realizado um estudo piloto no ano de 2022, ainda durante o período da pandemia de Covid-19, com o objetivo de testar a metodologia. Com base nos resultados do estudo piloto, constatou-se a necessidade de aumentar o número de tomadas de decisão e os elementos arquitetônicos envolvidos. Assim, determinou-se que todos os participantes deveriam estar sempre posicionados no mesmo local virtual para realizar a próxima decisão, independentemente da escolha feita na tomada de decisão anterior.

Optou-se, então, pela utilização das propriedades das Cadeias de Markov, conhecidas como processos estocásticos (aleatórios). Essas propriedades permitem realizar previsões sobre o futuro do processo com base apenas em seu estado atual, independentemente dos eventos que ocorreram no passado até esse estado. Em outras palavras, condicionado ao estado atual do processo, suas evoluções futuras e passadas são independentes (Da Silva, 2021).

Na pesquisa, utilizou-se a caminhada aleatória (*Random Walk*), ou seja, a distribuição de probabilidade para o próximo estado segue uma distribuição normal, com variância e média (valor esperado) iguais ao estado atual.

Dessa forma, não houve decisão certa ou errada: o pesquisado decidiu seguir para a direita ou para a esquerda e, como em um jogo, passou "de fase" e entrou em um novo ambiente. O participante não sabia, mas o novo cenário que se apresentou, independentemente da decisão

anterior, seja para a esquerda ou para a direita, era o mesmo para ambas as alternativas. Em seguida, ele precisava tomar uma nova decisão, e o processo se repetiu.

Portanto, para melhor organizar e facilitar a construção do ambiente virtual com base na teoria das Cadeias de Markov, optou-se por dividir as 8 (oito) tomadas de decisão em 4 (quatro) plantas, conforme descrito a seguir: 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) para uma nova planta. Similar a um *game*, pode-se considerar como um *checkpoint* (pontos de verificação), no qual o jogador "passa de fase". Por exemplo, o pesquisado, ao definir o lado na TD2, na planta 1, ao chegar ao final do corredor, acionava o *trigger* e visualizava a TD3. Na TD4, na planta 2, ao final do corredor, acionava o *trigger* e visualizava a TD5, e assim sucessivamente (Figura 2).

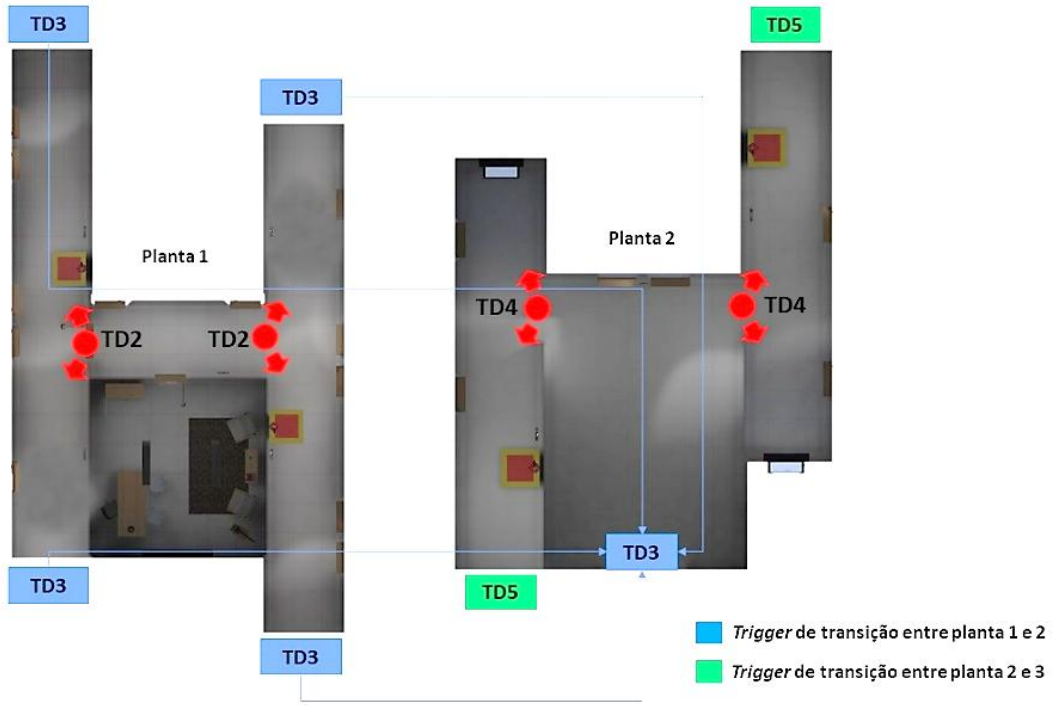

Figura 2. Definição dos Trigger nas plantas 1 e 2

Fonte: Autores, 2023.

As principais premissas para a elaboração do ambiente virtual baseiam-se no realismo virtual, no comportamento 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 igualmente realista. Para a pesquisa, o comportamento realista está relacionado a uma reação inesperada, provocada pela simulação de uma situação de emergência. Por isso, optou-se por não revelar os acontecimentos que se desenvolverão após a etapa de adaptação/treinamento no ambiente inicial (Figura 3), criando, assim, uma "tarefa falsa". Segundo Arias et al. (2020), uma tarefa falsa, mesmo quando não identificada como tal, exigirá que os participantes prestem atenção nela e redirecionem o foco do laboratório para o cenário de VR. A tarefa deve apresentar alguma credibilidade dentro do cenário, a fim de não comprometer o realismo percebido.

Figura 3. Ambiente virtual para adaptação e realização da tarefa falsa

Fonte: Autores, 2023.

A "tarefa falsa" também serviu 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 caminhar com ela e colocá-la, por exemplo, sobre a mesa. Quando a caneca era posicionada na mesa, ativava-se o que se chama de "gatilho", iniciando a contagem de 30 (trinta) segundos para o acionamento do alarme de incêndio e o desligamento da energia, deixando o ambiente iluminado apenas pela iluminação de emergência. Enquanto o pesquisado realizava as atividades propostas, ouvia vozes no ambiente em volume muito baixo, caracterizadas como um "burburinho".

A criação das plantas e, consequentemente, das tomadas de decisão foi planejada com situações e elementos espaciais distintos, com o objetivo de captar a percepção dos participantes no momento da decisão, considerando o fator de emergência envolvido.

A extensão do ambiente virtual foi executada diretamente nos óculos da marca Oculus® Go (32GB), que possuem VR integrada. O equipamento de *Biofeedback* utilizado foi da marca CardioEmotion® Home, 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 a respiração e a pressão arterial.

Ambos os equipamentos não necessitam de calibração. Os óculos de Realidade Virtual (VR) apenas reproduzem o ambiente previamente criado e instalado, enquanto o equipamento de *Biofeedback* utiliza um software do fabricante para analisar os dados coletados.

ENTREVISTAS

Para a coleta de dados da pesquisa, optou-se pela utilização da entrevista semiestruturada. Essa ferramenta é essencial para captar a percepção do usuário imediatamente após a realização da imersão no ambiente virtual.

A entrevista foi conduzida da seguinte forma: a cada tomada de decisão (dentre as oito), o participante era questionado sobre sua escolha com o auxílio de imagens. O pesquisador registrava o lado da opção escolhida no ambiente virtual (direita ou esquerda) por meio das alternativas "Letra A" ou "Letra B". A partir disso, os questionamentos eram adaptados às particularidades de cada lado escolhido, conforme o exemplo do roteiro de entrevistas da TD1 (Figura 4).

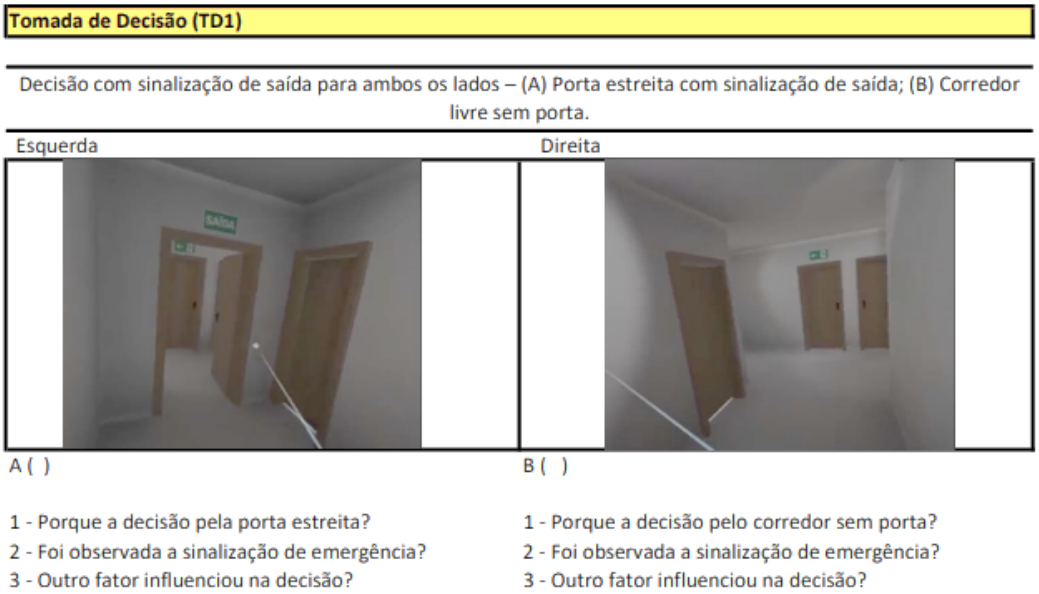

Figura 4. Exemplo do Roteiro da Entrevista semiestruturada

Fonte: Autores, 2023.

É importante ressaltar que foi utilizado um aplicativo da própria fabricante dos óculos de Realidade Virtual (VR) para espelhar a imersão do participante e acompanhar as ações em tempo real. Essa ferramenta foi necessária para situações em que o participante não se lembrasse do lado escolhido em determinada tomada de decisão ou alterasse sua escolha durante a entrevista. Outro ponto relevante foi a gravação de todas as entrevistas para posterior transcrição.

DEFINIÇÃO DO NÍVEL DE CONSCIÊNCIA (NC)

Os autores desenvolveram uma ferramenta para avaliar o nível de consciência dos participantes da pesquisa. Foram elaborados quesitos específicos para identificar esse nível com base nas respostas fornecidas durante as entrevistas. Em cada tomada de decisão, os participantes foram questionados sobre a percepção dos atributos arquitetônicos. Esses quesitos foram classificados como decisões conscientes ou inconscientes, conforme apresentado na Tabela 1. Os dados foram tabulados, e as porcentagens de cada tomada de decisão foram calculadas.

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)

Tabela 1. Definição do Nível de Consciência (NC)

Fonte: Autores, 2023.

Dessa forma, foi possível identificar as respostas dos participantes em cada tomada de decisão, com foco nos quesitos, e determinar o nível de consciência envolvido em cada escolha. Nessa etapa, também foi possível compreender como os participantes tomaram suas decisões com base em sua percepção consciente do processo decisório e no que estavam pensando durante a emergência.

VARIAÇÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA (VFC)

A Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) é considerada um indicador consistente do funcionamento do sistema nervoso autônomo do indivíduo. Dessa maneira, a avaliação será denominada frequência cardíaca instantânea, pois será utilizado um *software* que traduz o sinal de ECG (eletrocardiograma) em um gráfico de onda de frequência cardíaca, em que cada ponto representa a frequência cardíaca instantânea durante a imersão na Realidade Virtual (VR). Por meio dessa avaliação, é possível detectar variações cardíacas ocasionadas pela respiração e, assim, avaliar se houve estresse ou medo durante a imersão.

De acordo com o *software* utilizado na pesquisa, o CardioEmotion®, as notas são atribuídas com base no equilíbrio emocional do participante, sendo organizadas da seguinte forma: de 0 a 4,9 (cor vermelha), o participante não se encontra em estado de coerência; de 5 a 7,9 (cor azul), encontra-se em estado leve de coerência; de 8 a 10 (cor verde), encontra-se em pleno estado de coerência.

Dessa forma, o programa do equipamento define a chamada Coerência Cardíaca, que é o equilíbrio fisiológico e emocional. Esse equilíbrio é captado pela variação gerada pelo Sistema Nervoso Autônomo (SNA), que possui dois ramos: o Sistema Simpático e o Sistema Parassimpático.

O sistema nervoso simpático é constituído por neurônios (nervos) secretores de noradrenalina, também conhecido como sistema adrenérgico. A noradrenalina secretada por esses neurônios está presente em praticamente todos os grupos animais, evidenciando tratar-se de um sistema antigo, diretamente associado a situações que colocam a vida em risco. Sua ação provoca reações fisiológicas típicas de situações denominadas “luta ou fuga”, aumentando a taxa metabólica geral do organismo e desviando nutrientes e oxigênio para fornecer energia aos músculos responsáveis pelas reações necessárias em situações de risco (Cunha, 2015).

Já o sistema nervoso parassimpático é constituído por neurônios (nervos) secretores de acetilcolina, também conhecido como sistema colinérgico. É considerado anatomicamente e fisiologicamente mais complexo e refinado que o sistema simpático, atuando de forma antagônica a este (Cunha, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A pesquisa foi realizada com um grupo de 40 (quarenta) participantes com perfil heterogêneo e aplicada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - IFRS, na cidade de Rio Grande - RS, conforme especificado na metodologia. Os participantes foram identificados como: 22 estudantes e 18 servidores, sendo 26 do sexo masculino e 14 do sexo feminino. As faixas etárias foram divididas da seguinte forma: até 20 anos (9 participantes), de 20 a 30 anos (9 participantes), de 30 a 40 anos (8 participantes), de 40 a 50 anos (10 participantes) e de 50 a 60 anos (4 participantes).

Conforme já mencionado, o objetivo da pesquisa foi, inicialmente, omitido dos participantes. Dessa forma, foi possível surpreendê-los no momento do acionamento do alarme no ambiente virtual e do aviso de incêndio. Além da surpresa, a tarefa falsa foi fundamental para a adaptação dos participantes aos equipamentos utilizados no estudo (Figura 5).

Na tarefa falsa, o participante percorreu o ambiente virtual inicial, denominado escritório, abriu as portas de um armário, pegou e soltou uma caneca. Após soltar a caneca, o alarme de incêndio foi acionado em 30 segundos. A tarefa atende a duas premissas: a primeira, adaptar o participante ao equipamento; e a segunda, gerar surpresa e realismo à pesquisa.

Figura 5. Tarefa falsa / pegar caneca

Fonte: Autores, 2023.

No momento do acionamento do alarme e do aviso de incêndio ("Incêndio! Temos que sair!"), 63% dos participantes apresentaram um aumento significativo na frequência cardíaca, e 18% atingiram o pico de batimentos cardíacos registrado durante toda a imersão no ambiente virtual, superando 100 bpm.

Foi possível identificar, por meio das reações observadas nas análises sistemáticas, que a ideia de realismo relacionada à surpresa da emergência foi alcançada. Por exemplo, nas falas registradas, os participantes expressaram verbalmente as seguintes reações: (P10) *"Ih! O que houve? Vamos ter que sair?"*; (P24) *"Meu Deus do Céu!"*; (P27) *"O que é isso? O que houve?"*; (P34) *"Ah! Tenho que sair da sala?"*; (P35*) "E aí!? E agora!?".* Os participantes citados como exemplo, apresentaram um aumento significativo na frequência de seus batimentos cardíacos.

Outro ponto a ser destacado é que os participantes não conheciam de fato o *layout* do ambiente virtual proposto. Isso ficou evidente nos relatos registrados durante a observação sistemática, como, por exemplo: (P35) *"Não conheço o prédio, acho que estou indo para o lado errado"*; (P20) "*Estou adivinhando, fui para um lado e me embretei, e agora estou indo para o outro"*; (P29) "*Estou perdido!";* (P37) *"Estou andando em círculos".*

Na aplicação da tarefa falsa, constatou-se que o objetivo foi alcançado, pois os participantes conseguiram se adaptar ao equipamento e ficaram realmente surpresos com os sinais de emergência. O aumento dos batimentos cardíacos de alguns participantes durante o sinal de alarme demonstra que a sensação de realismo e surpresa foi satisfatória para o andamento da imersão e para os resultados alcançados ao longo do estudo.

VARIAÇÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA (VFC)

Mediante o monitoramento durante a imersão no ambiente virtual, os resultados obtidos com a utilização de um equipamento de *Biofeedback* demonstraram que apenas um dos participantes alcançou a nota 8. Também foram considerados, nos resultados, os picos de batimentos cardíacos dos participantes, sendo que o ritmo normal para um adulto em repouso varia entre 60 e 100 bpm.

Portanto, o único participante que permaneceu por mais tempo em pleno estado de coerência cardíaca foi o P40. Além disso, 67% dos participantes apresentaram notas entre 0 e 4,9, indicando ausência de coerência cardíaca, enquanto 30% alcançaram um leve estado de coerência. A tabela a seguir apresenta os resultados obtidos pelos participantes em relação às notas atribuídas pelo *software* quanto à coerência dos batimentos cardíacos durante todo o período de imersão (Tabela 2).

P1	4,7	**P9**	6,4	**P17**	5,0	**P25**	2,5	**P33**	7,3
P2	4,1	**P10**	3,5	**P18**	2,1	**P26**	1,7	**P34**	2,0
P3	3,6	**P11**	3,2	**P19**	3,3	**P27**	5,0	**P35**	1,7
P4	2,1	**P12**	6,0	**P20**	5,0	**P28**	6,2	**P36**	4,1
P5	1,7	**P13**	0	**P21**	6,4	**P29**	2,2	**P37**	6,7
P6	3,3	**P14**	0,8	**P22**	2,0	**P30**	0,6	**P38**	6,7
P7	1,4	**P15**	5,0	**P23**	4,3	**P31**	5,0	**P39**	3,3
P8	1,7	**P16**	2,1	**P24**	2,0	**P32**	2,9	**P40**	8,0

Tabela 2. Notas atribuídas pelo *Software* referente a coerência cardíaca dos participantes

Fonte: Autores, 2023.

Por meio das medições da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC), foi possível identificar em quais tomadas de decisão ocorreram os picos de batimentos. A tomada de decisão que apresentou o maior número de picos foi a TD6 (Figura 6), o que evidencia uma ansiedade para encontrar a saída entre dois corredores iguais, mas com dimensões diferentes em largura e altura. Esse resultado também pode estar relacionado ao número de tomadas de decisão já realizadas.

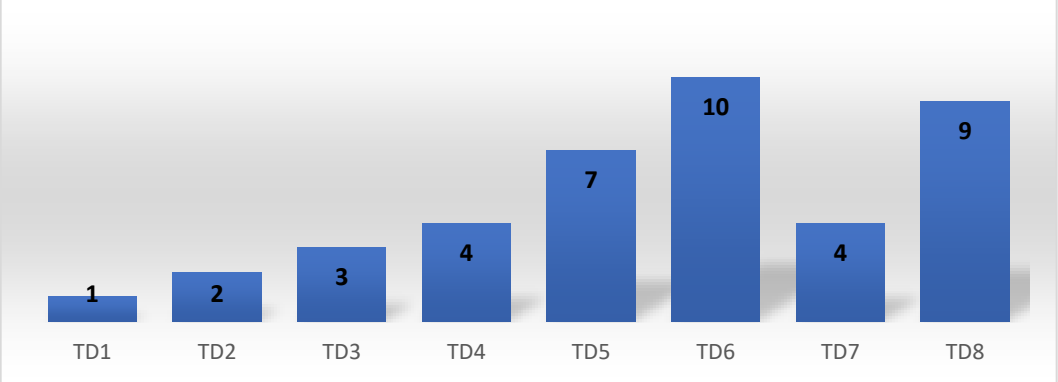

Figura 6. Número de participantes com picos de batimentos por tomada de decisão

Fonte: Autores, 2023.

Conforme ilustrado na Figura 6, a análise dos momentos de tomada de decisão permite verificar que, à medida que as etapas de decisão avançaram, o número de participantes que atingiram picos de batimentos também aumentou, atingindo o ápice na TD6 e reduzindo na

TD7. Essa última tomada de decisão refere-se ao uso das cores, o que pode ter contribuído para deixar os participantes mais tranquilos, possivelmente por transmitir "a sensação de estar chegando ao final" ou apresentar um "fator novo" ainda não visualizado no ambiente virtual.

TOMADAS DE DECISÃO

Na TD1, por ser a primeira tomada de decisão, as placas de sinalização foram fundamentais, enquanto a espacialidade ficou em segundo plano. Os participantes optaram pela saída com a placa de saída posicionada acima da porta, agindo principalmente por instinto diante das opções apresentadas. Não foram relatados ou verificados aspectos de destaque relacionados aos elementos arquitetônicos ou à espacialidade presentes na TD1. As decisões dos participantes basearam-se, fundamentalmente, na sinalização, embora também tenham sido observadas escolhas intuitivas e outras pouco relacionadas à espacialidade dos corredores. A Figura 7 ilustra como os participantes tomaram suas decisões na TD1.

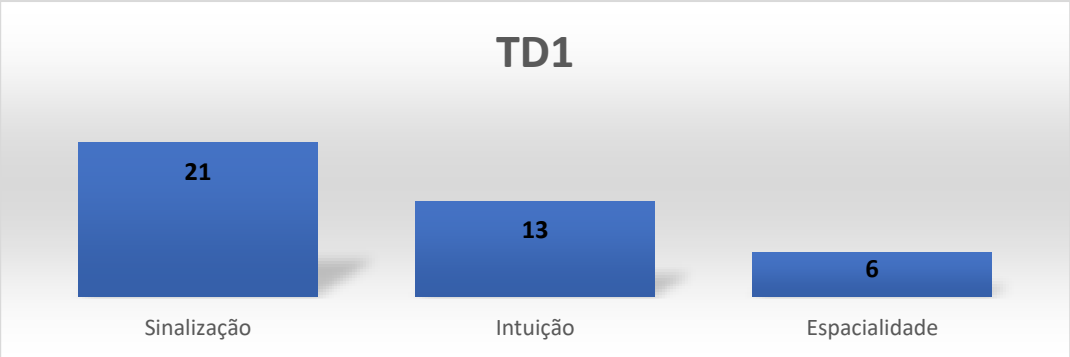

Figura 7. Respostas dos participantes sobre as tomadas de decisão na TD1

Fonte: Autores, 2023.

Na TD2, as reações dos participantes e suas decisões demonstraram que a grande maioria ficou incomodada com a presença da fumaça (Figura 8), o que contribuiu para o aumento do nível de consciência na tomada de decisão. A TD2 apresentou o segundo maior nível de consciência, ficando atrás apenas da TD1. Por outro lado, registrou um baixo índice de identificação das sinalizações e nenhuma menção a elementos arquitetônicos ou espaciais que possam ter influenciado as decisões tomadas.

A sinalização não foi muito visualizada, pois, tratando-se de uma pesquisa, quem optou pelo corredor amplo e livre obteve sucesso. No entanto, em uma situação real, isso poderá acarretar um erro fatal por não seguir a sinalização. Dessa forma, aparentemente, as questões arquitetônicas e espaciais foram consideradas nessa tomada de decisão pelos participantes em função da espacialidade.

Figura 8. Corredor com fumaça

Fonte: Autores, 2023.

Diferentemente da TD1, a sinalização de emergência e a espacialidade não foram percebidas da mesma maneira, pois a fumaça acabou sendo o fator predominante na tomada de decisão dos participantes (Figura 9).

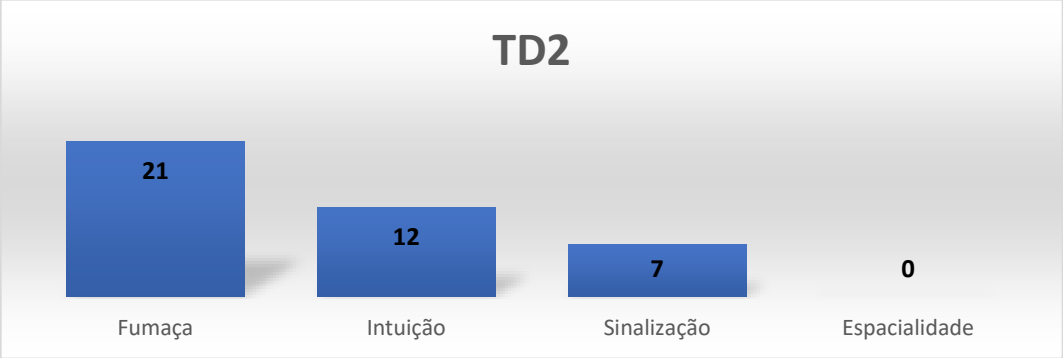

Figura 9. Respostas dos participantes sobre as tomadas de decisão na TD2

Fonte: Autores, 2023.

Na TD3, os elementos arquitetônicos contribuíram muito pouco para a tomada de decisão, demonstrando que, sem a sinalização de emergência e com uma configuração semelhante, a altura do teto influencia pouco na tomada de decisão. Isso, de certa forma, impactou diretamente o nível de consciência, sendo a TD3 a tomada de decisão com o menor nível de consciência.

Os participantes que tomaram a decisão de forma inconsciente ou por intuição somam 85%, totalizando 34 participantes, dos quais 13 mencionaram ter agido por intuição. A maioria desses participantes, totalizando 22, optou pelo lado com o pé-direito baixo, ou seja, direcionou-se para a direita.

Podemos considerar a TD4 uma tomada de decisão de segurança, pois apresenta apenas uma possibilidade de decisão correta para a saída. Dessa forma, a espacialidade também não foi o fator principal na tomada de decisão dos participantes, sugerindo que a escolha pelo corredor livre, mesmo sendo intuitiva, sempre seria a alternativa preferida.

O que chama a atenção é que apenas 15 participantes (37%) agiram de forma consciente, ou seja, pararam e analisaram antes de tomar uma decisão, o que pode ser considerado um número baixo. A palavra “intuição” apareceu nas respostas de 11 participantes (28%), e, considerando aqueles que agiram por intuição, direta ou indiretamente, o total chega a 26 (65%).

Na TD5, as decisões demonstram um nível maior de estresse relacionado às tomadas de decisão anteriores, talvez em função do número de escolhas já realizadas. Esse fator se reflete no aumento das decisões inconscientes e na falta de observação do dimensionamento dos corredores, bem como na pressa para encontrar uma saída rapidamente.

Com relação ao nível de consciência, 29 participantes (73%) tomaram decisões de forma inconsciente, aproximando-se muito dos 30 (75%) que não identificaram a diferença entre os corredores. A palavra "intuição" apareceu nas respostas de 18% dos participantes, mas 60% deles tomaram a decisão de forma intuitiva (Figura 10).

Figura 10. Respostas dos participantes sobre as tomadas de decisão na TD5

Fonte: Autores, 2023.

Outro fator que pode ser destacado é a pouca visualização do elemento decorativo (Figura 11) colocado no local da tomada de decisão. Mesmo sendo um elemento que deixava o corredor mais amplo, ele não contribuiu diretamente para a tomada de decisão. O dimensionamento dos corredores também não foi efetivo nesse processo, portanto, a espacialidade na TD5 não foi o fator principal para a escolha.

Figura 11. Espaço amplo com vidro

Fonte: Autores, 2023.

Com base nos resultados apresentados, a TD6 pode ser considerada a tomada de decisão que mais gerou dúvidas entre os participantes, além de ser a única que possuía dois corredores livres para escolha, o que, de certa forma, também contribuiu para aumentar as dúvidas.

Os resultados demonstram que os participantes ficaram sob um nível de estresse maior em comparação às tomadas de decisão anteriores. Pode-se dizer, ainda, que a espacialidade foi mencionada por 12 participantes (30%), um número baixo considerando a diferença significativa na dimensão (largura) entre os dois corredores.

A TD7 apresentou um bom nível de consciência entre os participantes, embora as decisões tenham sido um pouco divididas. Essas decisões foram influenciadas diretamente pela percepção das cores (Figura 12) e pelos impactos causados por elas em uma situação de estresse.

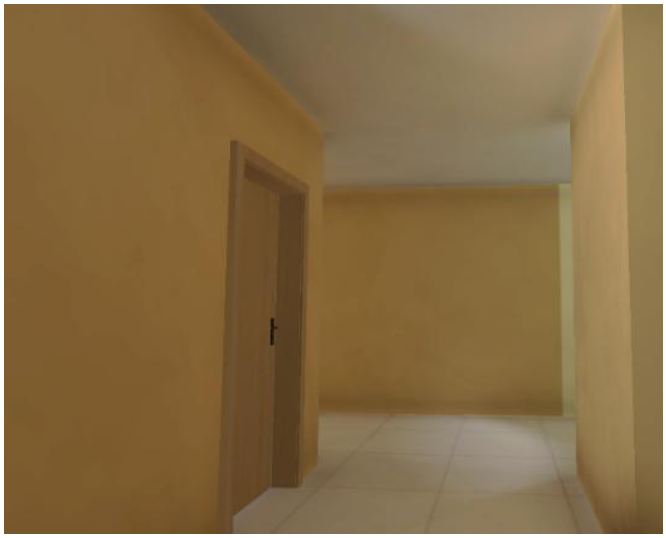

Figura 12. Paredes com tom escuro

Fonte: Autores, 2023.

A alteração da cor mostrou-se importante em uma tomada de decisão. Ao se considerarem as tomadas de decisão anteriores, as cores acalmaram os participantes, no sentido de terem criado um fato novo, já que os relatos indicam percepções como “estar chegando no final” ou a “sensação em relação às cores”.

Mais uma vez, a intuição (Figura 13) foi um fator preponderante na tomada de decisão após as cores, deixando a espacialidade e outros elementos arquitetônicos em segundo plano no momento em que os participantes fizeram sua escolha.

Figura 13. Respostas dos participantes sobre as tomadas de decisão na TD7

Fonte: Autores, 2023.

A TD8 foi a tomada de decisão que gerou o segundo maior pico de estresse entre os participantes, mas devido à certeza de terem encontrado a saída (Figura 14). O nível de consciência foi menor em relação à TD7, que também utilizou as cores para a tomada de decisão.

Chama a atenção o fato de ter sido uma tomada de decisão na qual, juntamente com a TD7, os estudantes obtiveram melhor resultado no que se refere ao nível de consciência. Outro ponto importante é o aumento significativo dos picos de batimentos entre os participantes em relação à TD7, constatando-se que isso ocorreu devido ao "alívio" de encontrar a saída e o final da rota.

Figura 14. Paredes com tom escuro

Fonte: Autores, 2023.

Como na TD2, a tomada de decisão ficou quase dividida, mas por motivos diferentes. Ao considerar a visualização da diferenciação das cores, 20 (50%) dos participantes notaram a mudança de cor. A palavra "intuição" apareceu na resposta de 7 (18%) participantes, sendo citada de diferentes formas, conforme os exemplos a seguir: (P15) *"Intuição, onde está claro tem luminosidade."*; (P16) *"Por instinto."*; (P29) *"Não sei, intuição... me chamou mais atenção a porta."*

VARIAÇÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA X NÍVEL DE CONSCIÊNCIA X VISUALIZAÇÃO DOS ATRIBUTOS ARQUITETÔNICOS

Para determinar se os participantes estavam realmente transmitindo sua percepção real na entrevista, compararam-se as informações do estado de Coerência Cardíaca por meio da Variação da Frequência Cardíaca (VFC) e do Nível de Consciência (NC), conforme os quesitos elaborados e a Visualização dos Atributos Arquitetônicos (VAA).

Os dados serão apresentados em três etapas, de acordo com o estado de coerência definido pelo equipamento de *Biofeedback*, sendo eles: estado de não coerência, estado de coerência leve e estado de coerência plena.

De acordo com as medições realizadas pelo equipamento de *Biofeedback*, 27 participantes não apresentaram um nível de consciência cardíaca, ou seja, receberam nota atribuída pelo equipamento abaixo de 5. No gráfico a seguir (Figura 15), estão apresentados esses 27 participantes e a comparação dos resultados entre o nível de consciência e a visualização dos atributos arquitetônicos.

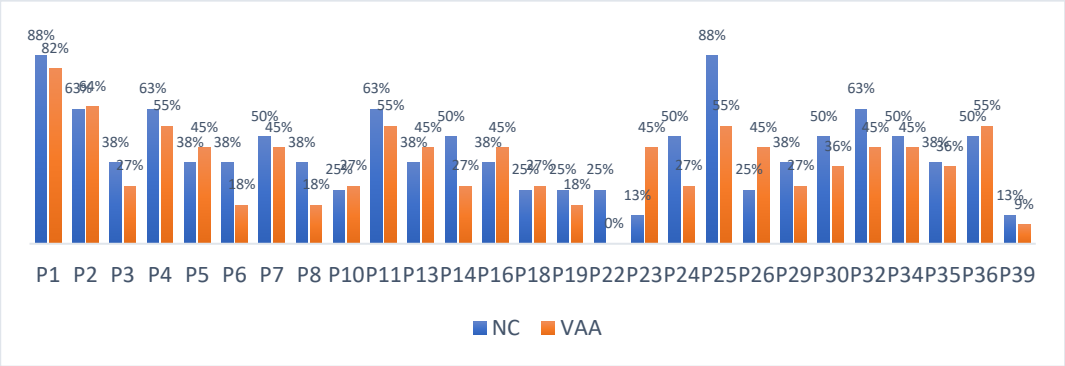

Figura 15. Nível de Consciência x Visão dos Atributos Arquitetônicos – Sem coerência cardíaca

Fonte: Autores, 2023.

Ao analisar o gráfico, observa-se que alguns participantes apresentaram índices muito próximos entre si. Dentre aqueles que não alcançaram um estado de Coerência, 22 (56%) tiveram uma diferença de até 10 pontos percentuais entre os índices.

De acordo com as medições realizadas pelo equipamento de *Biofeedback*, 12 participantes apresentaram um nível de consciência cardíaca leve, ou seja, receberam uma nota atribuída pelo equipamento entre 5 e 7,9. No gráfico abaixo (Figura 16), estão representados os participantes e a comparação dos resultados entre o nível de consciência e a visualização dos atributos arquitetônicos.

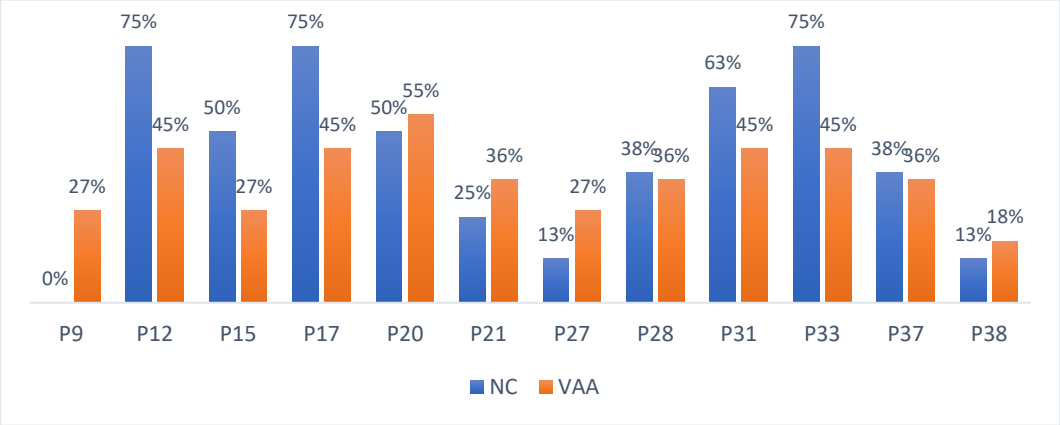

Figura 16. Nível de Consciência x Visão dos Atributos Arquitetônicos – Nível de coerência leve

Fonte: Autores, 2023.

Ao analisar o gráfico, observa-se que alguns participantes apresentaram índices muito próximos entre os dois parâmetros. Dentre os participantes que tiveram um estado de coerência leve, 33% ficaram com uma diferença de até 10 pontos percentuais entre os dois índices.

Conforme as medições realizadas pelo equipamento de *Biofeedback*, um pesquisado atingiu o nível pleno de estado de coerência, ou seja, recebeu a nota atribuída de 8. No gráfico a seguir (Figura 17), estão apresentados os resultados do participante e a comparação dos resultados entre o nível de consciência e a visualização dos atributos arquitetônicos desse pesquisado (P40).

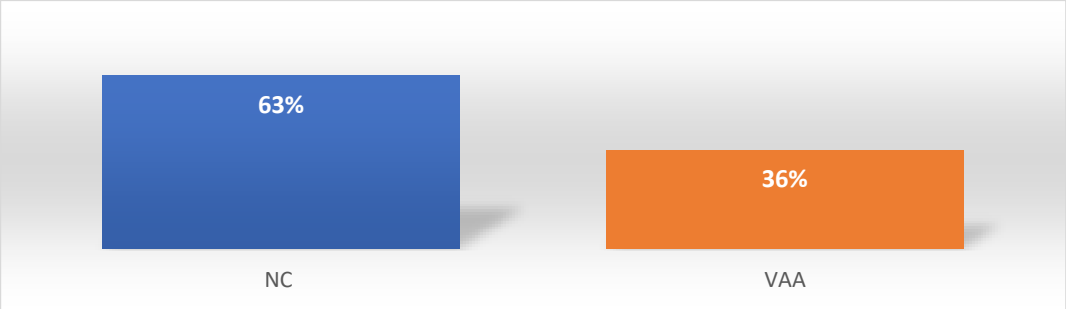

Figura 17. Nível de Consciência x Visão dos Atributos Arquitetônicos – Nível de coerência plena

Fonte: Autores, 2023.

Por ser o único participante a alcançar a nota 8, em uma escala de 8 a 10, o resultado do nível de consciência não foi superior ao de outros participantes. Outro aspecto observado foi o baixo índice de visualização dos atributos arquitetônicos. O nível de consciência não foi mais elevado porque, nas tomadas de decisão TD5, TD6 e TD7, o pesquisado tomou decisões de forma intuitiva ou não soube responder: TD5 – *"Não lembro, não tinha placa... sai correndo! (risos)"*; TD6 – *"Fui pelo lado do extintor"*; TD7 – *"Não lembro".*

Ao analisar os resultados do pesquisado (P40), percebe-se que ele manteve a calma, mesmo passando por algumas tomadas de decisão de forma "intuitiva".

CONCLUSÕES

Com referência à sinalização, a informação adicional mostrou-se fundamental para a tomada de decisão, pois teve uma importância significativa: 32 (80%) dos participantes identificaram a sinalização na TD1; na TD2, esse número caiu para 15 (38%) devido à presença de fumaça e, quando a sinalização foi retirada (TD3), 25 (62%) dos participantes relataram sentir falta da sinalização de emergência.

Quanto à associação da informação adicional com os atributos arquitetônicos, na TD1, apenas 15% mencionaram a espacialidade, e na TD2, nenhum dos participantes a mencionou. Entre os participantes, os servidores (com faixa etária maior) foram os que mais visualizaram as sinalizações e também os que mais sentiram sua falta. Entre os participantes que optaram pelo corredor livre e amplo (TD1), a maioria era composta por estudantes.

A tendência é que as informações adicionais tenham uma importância significativa na orientação espacial, já que o nível de consciência na TD1, por exemplo, foi de 73%, o maior entre todas as tomadas de decisão. Segundo Tang et al. (2008), a sinalização de emergência facilita a orientação e impacta a eficiência do *Wayfinding*.

É importante salientar que as informações adicionais (placas) são medidas de proteção passiva em uma edificação, e sua colocação no projeto é fundamental para salvaguardar vidas. Outra medida de proteção (Ativa) inserido no ambiente virtual foi a iluminação de emergência, mas nenhum dos participantes visualizou ou mencionou esse elemento, ao menos de forma direta. O equipamento de segurança mais citado foi o extintor de incêndio (proteção ativa), o que influenciou algumas tomadas de decisão devido à identificação desse equipamento.

O dimensionamento confirmou-se na TD6, em que 73% dos participantes optaram pelo corredor mais largo em vez do corredor estreito. Já na tomada de decisão 5 (TD5), entre um corredor estreito e um espaço amplo, 70% escolheram o espaço amplo. Um fato a ser registrado é que, dentre os participantes que optaram pelo corredor estreito (TD6), 82% eram estudantes (faixa etária mais baixa). Portanto, a tendência é que o indivíduo escolha o corredor ou o espaço de maior dimensão, embora a orientação e a distribuição da planta possam ter influenciado o fato de esse número não ter sido maior. Segundo Lin et al. (2020), a percepção espacial influencia o comportamento de evacuação e impacta significativamente todas as medidas de desempenho da evacuação.

Com relação à espacialidade, a diferença entre os pés-direitos não foi percebida, pois os participantes apresentaram um baixo índice de visualização dessa diferença na TD3 e na TD6. Na TD3, por exemplo, 58% dos participantes optaram pelo pé-direito mais baixo, e apenas 20% identificaram a diferença de altura; já na TD6, apenas um participante percebeu a diferença de altura entre os corredores. Um ponto que chama atenção é que a TD3 apresentou o menor nível de consciência, com 15%, seguida pela TD6, com 17%. Na TD3, esse baixo nível de consciência pode estar associado à decisão anterior, que ocorreu em um ambiente com presença de fumaça.

Na TD6, observou-se um número elevado de participantes com picos de batimentos cardíacos, possivelmente relacionados ao número de decisões já tomadas até aquele momento. Em situações de risco, o corpo produz adrenalina, um hormônio secretado no sangue pelas glândulas suprarrenais, que exerce ação lenta e prolongada, enquanto o sistema nervoso simpático libera noradrenalina diretamente sobre os órgãos e tecidos-alvo, com uma ação muito mais rápida, cujos efeitos podem ser revertidos pelo sistema parassimpático (Cunha, 2015).

A tendência, no que diz respeito ao pé-direito, é que o indivíduo não olhe para o teto ao tomar sua decisão, especialmente em situações de emergência, o que constitui um fator agravante no momento da escolha.

Quanto à luminosidade, embora 40% dos participantes tenham notado a janela, nenhum mencionou a luminosidade presente no corredor. Esse fato pode estar relacionado ao baixo Nível de Consciência (NC), que foi de 37%, e ao alto índice de decisões em "S" entre a TD3 e a TD4. Dos que optaram pelo corredor com janela, apenas 7% tomaram a decisão acreditando que poderia haver uma saída ou que seria possível escapar pela própria janela. A luminosidade da janela aparentemente não foi suficiente para chamar a atenção dos participantes, já que nenhum deles a mencionou, mesmo quando questionados sobre o que os levou a escolher aquele corredor.

No que se refere às cores, este foi o atributo arquitetônico mais observado pelos participantes, sendo um fator relevante para a tomada de decisão. Isso ficou evidente na TD7, em que 58% dos participantes optaram pelo lado com cor clara, e na TD8, em que 53% fizeram o mesmo. A cor foi o atributo mais citado pelos participantes; em ambas as decisões, a espacialidade não foi mencionada, e a cor perdeu relevância na TD8, já que os participantes visualizaram a saída de emergência. Na TD7, 91% dos estudantes perceberam as cores. A tendência é que as cores auxiliem no processo de decisão, mas não foi confirmado que a maioria optaria pelo lado com cor clara, pois a cor escura também gerou percepções associadas a memórias ou foi percebida como uma mudança mais significativa em relação às decisões anteriores.

Outro fator a ser considerado é a decisão em "S", que ocorreu na TD1 e TD2, levando muitos participantes a entrarem no corredor com fumaça, percebendo o erro apenas quando já estavam nele. É importante ressaltar que a sinalização de emergência indicava a saída pelo corredor com fumaça, e 18% dos participantes tomaram suas decisões com base nessa sinalização. A tendência é que, em situações com fumaça ou outro elemento externo relacionado a incêndios, as pessoas priorizem fugir da situação.

A amostra indica que há uma tendência de os indivíduos tomarem decisões conforme as variáveis arquitetônicas que se apresentam ao longo de uma planta. A percepção ambiental individual e a percepção do risco mostram que não há uma estratégia única, mas sim uma combinação de experiências e expectativas relacionadas à situação.

Portanto, a percepção depende de fatores potencialmente moderadores, como fatores situacionais, individuais, sociais e organizacionais. Com relação à influência da percepção de risco no comportamento de evacuação, embora vários estudos tenham encontrado correlações entre o risco percebido e variáveis relevantes, como a decisão de evacuar (sim/não/incerto), o atraso na evacuação (tempo) e os comportamentos pré-evacuação (número de ações), o papel da percepção de risco durante a evacuação de incêndios em edificações permanece inconclusivo (Kinateder et al., 2014).

Com base nos resultados encontrados, foi possível responder à pergunta de pesquisa: "Em uma situação de emergência, qual é a influência dos atributos arquitetônicos na tomada de decisão?". De certa forma, observa-se uma tendência de os atributos arquitetônicos influenciarem as decisões, sendo alguns mais impactantes que outros. A triangulação dos dados (VFC x NC x VAA) revelou que os índices ficaram próximos nas decisões, indicando a importância dos atributos arquitetônicos para os participantes. Por exemplo, a sinalização mostrou-se importantíssima; as cores são elementos que podem ser mais explorados na indicação de rotas de fuga; maiores dimensões auxiliam na percepção; a espacialidade, relacionada ao pé-direito, tem pouca influência na tomada de decisão; a presença de fumaça ofusca tanto a sinalização quanto os elementos arquitetônicos; e a luminosidade utilizada não gerou o impacto desejado.

Espera-se que novos estudos sobre essa temática sejam realizados com o objetivo de aprofundar ainda mais o debate sobre o assunto. Fica evidente, por meio desta pesquisa, que os elementos arquitetônicos podem, de certa forma, influenciar, ainda que de maneira inconsciente, as tomadas de decisão em momentos de emergência. Portanto, quanto mais estudos forem conduzidos nessa área, maior será o conhecimento sobre a influência arquitetônica em situações de emergência e sobre como os projetistas podem contribuir para essas decisões.

Esta pesquisa foi realizada com uma amostra de uma instituição de ensino. Assim, sugere-se que, em trabalhos futuros, a amostragem seja ampliada, estendendo o estudo a outros setores da sociedade. Outro ponto seria explorar edificações complexas ou, até mesmo, edificações históricas.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), pela licença para a realização do doutorado.

Referências Bibliográficas

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9077 - Saídas de emergência em edifícios. Rio de Janeiro, 2001.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9050 - Acessibilidade de pessoas portadoras de deficiências a edificações, espaço, mobiliário e equipamento urbanos. Rio de Janeiro, 2020.

ARIAS, Silvia, et al. "*Pursuing behavioral realism in Virtual Reality for fire evacuation research*". Interflam 2019: Human behavior in fire, no 15th, 2020, p. 1–11, https://doi.org/10.1002/fam.2922.

BERNARDES, Sarah M.; REBELO, Francisco; VILAR, Elisângela; NORIEGA, Paulo; BORGES, Tania. "Methodological approaches for use virtual reality to develop emergency evacuation simulations for training, in emergency situations". 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015), 2015, p. 6811–6818.

BODE, N. W. F.; CODLING, E. A. Exploring Determinants of Pre-movement Delays in a Virtual Crowd Evacuation Experiment. Fire Technology, 55, n. 2, p. 595-615, 2018. Article.

BODE, N. W. F.; KEMLOH WAGOUM, A. U.; CODLING, E. A. Human responses to multiple sources of directional information in virtual crowd evacuations. Journal of the Royal Society Interface, 11, n. 91, 2014. Article.

BRASIL. Decreto nº 3.298 de 20 de dezembro de 1999. Regulamenta a Lei no 7.853, de 24 de outubro de 1989, dispõe sobre a Política Nacional para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência, consolida as normas de proteção, e dá outras providências.

CARATTIN E. Wayfinding architectural criteria for the design of complex environments in emergency scenarios, in Evacuation and human behavior in emergency situations. Advanced research workshop proceedings (ed. Jorge A. Capote, Daniel Alvear) Santander oct. 21st 2011, Universitad de Cantabria, pp. 209-222

CARATTIN, Elisabetta, et al. "Human wayfinding abilities to reach an area of refuge in a virtual environment". Human behaviour in fire, 5th ed, 2012, p. 619.

CARDELLA, Benedito. **Segurança no trabalho e prevenção de acidentes: uma abordagem holística**: segurança integrada à missão organizacional com produtividade, qualidade, prevenção ambiental e desenvolvimento de pessoas. 1ª ed. – São Paulo: Atlas, 2012.

CUNHA, Claudio da. **Introdução à Neurociência**. 2ª Ed. Editora Átomo, Campinas, SP, 2015.

DA SILVA, Rodrigo S. **Cadeias de Markov e Modelagem Matemática: da abstração pseudo-empírica à abstração refletida com uso de objetos virtuais**. Editora Geral, 2021

DRURY, J.; COCKING, C.; REICHER, S.; BURTON, A. et al. Cooperation versus competition in a mass emergency evacuation: A new laboratory simulation and a new theoretical model. **Behavior Research Methods**, 41, n. 3, p. 957-970, 2009. Article.

ERKAN, İlker. Examining wayfinding behaviours in architectural spaces using brain imaging with electroencephalography (EEG). **Architectural science review**, vol. 61, no. 6, p. 410–428, Turkey, 2018.

EWART, Ian J., JOHNSON, Harry. 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),** Vol. 26, pg. 286-302, DOI: 10.36680/j.itcon.2021.016, 2021.

GERSHON, Robyn R. M.; MAGDA, L.A.; RILEY, Halley E.M.; SHERMAN, Martin F. 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, 2011.

GERSHON, Robyn. R., et al., Factors associated with high-rise evacuation: qualitative results from the World Trade Center Evacuation Study. **Prehosp Disaster Med**, 2007. 22(3): p. 165-73.

GONZALEZ C, Vanyukov P, Martin MK. The use of microworlds to study dynamic decision making. **Comput. Hum. Behav**. 21, 273-286. 2005

GUIMARÃES, Marcelo de Paiva. Um Ambiente para o Desenvolvimento de Aplicações de Realidade Virtual baseadas em Aglomerados Gráficos. **Tese** (Doutorado em Engenharia Elétrica). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004, 126 p.

JANSEN-OSMANN, Petra., BERENDT, Bettina. Investigating distance knowledge using virtual environments. **Environment and behavior**, Vol. 34 No. 2, March 2002 178-193

KHAZAN, Inna Z. **The clinical handbook of biofeedback: a step by step guide for training and practice with mindfulness**. John Wiley & Sons, Ltd., Publication, UK, 2013.

KIM, Jimin. et al. Building occupants' psycho-physiological response to indoor climate and CO2 concentration changes in office buildings. **Building and Environment**. Vol. 169. South Korea, 2020.

KINATEDER, Max T.; KULIGOWSKI, Erica D.; RENEKE, Paul A.; PEACOCK, Richard D. A Review of Risk Perception in Building Fire Evacuation. **Fire Science Reviews**. National Institute of Standards and Technology Technical Note 1840, 2014.

KINATEDER, Max T.; NILSSON, Daniel.; RONCHI, Eurico; KOBES, Margrethe. Virtual Reality for Fire Evacuation Research. **Preprints of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems**. P. 319-321. USA/Sweden/ Germany, 2014.

KINATEDER, Max T.; KULIGOWSKI, Erica D.; RENEKE, Paul A.; PEACOCK, Richard D. . Risk perception in fire evacuation behavior revisited: definitions, related concepts, and empirical evidence. **Fire Science Reviews**. (2015)

KULIGOWSKI, E., R. Peacock, and B. Hoskins. A Review of building evacuation models NIST, **Fire Research Division**. 2010, Technical Note 1680 Washington, US.

LEHRER, Paul M.; VASCHILLO, Evgeny; VASCHILLO, Bronya. Resonant Frequency Biofeedback Training to Increase Cardiac Variability: **Rationale and Manual for Training**. Applied Psychophysiology and Biofeedback, Vol. 25, No. 3, 2000.

LIN, Jing.; CAO, Lijun.; LI, Nan. How the completeness of spatial knowledge influences the evacuation behavior of passengers in metro stations: A VR-based experimental study. **Automation in Construction**, 113, 2020, China.

LIPSHITZ R, KLEIN G, ORASANU J, SALAS E. **Taking stock of naturalistic decision making**. J. Behav. Decis. Making 14, 331-352, 2001.

MOSS, Donald. Heart Rate Variability (HRV) Biofeedback. Psychophysiology Today: **The Magazine for Mind-Body Medicine**, 1, p. 4-11, 2004.

MU, H L. et al. Pre-evacuation Human Reactions in Fires: An Attribution Analysis Considering Psychological Process. **Procedia Engineering**, ed. 52, p. 290 – 296, China, 2013.

OCCHIALINI, Martina. et al. Fire exit signs: The use of neurological activity analysis for quantitative evaluations on their perceptiveness in a virtual environment. **Fire Safety Journal**. Vol. 82, p. 63-75. Italy, 2016.

OLIVER, Anne-Hélène.; BRUNEAU, Julien.; CIRIO, Gabriel.; PETTRÉ, Julien. A Virtual Reality platform to study crowd behaviors. **The conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics**, Transportation Research Procedia. Ed. 2, p. 114-122, 2014, France/Spain.

OKAMOTO, Jun. **Percepção ambiental e comportamento: visão holística na arquitetura e sua comunicação** – 2. Ed. – São Paulo: Editora Mackenzie, 2014.

REIS, Antônio Tarcísio. **Repertório, análise e síntese: uma introdução ao projeto arquitetônico**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2002.

SHAW, Emily, ROPER, Tessa.; NILSSON, Tommy.; LAWSON, Glyn.; COBB, Sue V.G.; MILLER, Daniel. "The Heat is On: Exploring User Behaviour in a Multisensory Virtual Environment for Fire Evacuation". **CHI Conference on Human Factors in Computing Systems Proceedings** (CHI 2019), 2019, p. 4–9.

SILVA, Valdir P. e; VARGAS, Mauri R.; ONO, Rosária . **Prevenção contra incêndio no Projeto de Arquitetura**. - Rio de Janeiro: IABr/CBCA, 2010.

STEINBERG, José Gustavo. Desenvolvimento de modelo para simulação de situações de evacuação de multidões. 2005. 125p. **Dissertação** (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2005.

TANG, Chieh-Hsin; WU, Wu-tai; LIN, Ching-Yuan. Using virtual reality to determine how emergency signs facilitate way-finding. **Applied Ergonomics**, ed. 40 (2009), p. 722–730, Taiwan.

THOMPSON N, STRADLING S, Murphy M, ONEILL P. Stress and organizational culture. Br J Soc Work 26(5):647–665 (1996)

TUCKER, A; MARSH, K.L.; GIFFORD, T.; LU, X.; LUH, P.B.; ASTUR, R.S. The effects of information and hazard on evacuee behavior in virtual reality**. Fire Safety Journal 99**, Elsevier Ltd. p. 1-11, 2018.

VALENTIN, Marcos Vargas; ONO, Rosaria. Saídas de emergência e comportamento humano: uma abordagem histórica e o estado atual da arte no Brasil. **Congresso NUTAU 2006**. São Paulo, 2006. Disponível em: < http://www.lmc.ep.usp.br/grupos/gsi/wp-content/nutau/valentin.pdf>. Acesso em 27/02/2019.

XIA, Xiaolu.; LI, Nan.; GONZÁLEZ, Vicente A. Exploring the Influence of Emergency Broadcasts on Human Evacuation Behavior during Building Emergencies Using Virtual Reality Technology. **Journal of Computing in Civil Engineering**, 2021.

Douglas de Castro Brombilla
Autor principal
douglas.brombilla@riogrande.ifrs.edu.br

João Carlos Souza
Supervisor e orientador
joao.carlos@ufsc.br