

DESIGN SINESTÉSICO NA INVESTIGAÇÃO DA ANSIEDADE: coletando e analisando dados de forma multissensorial

SYNESTHETIC DESIGN IN ANXIETY INVESTIGATION: collecting and analyzing data in a multisensory way

RAMALHO, Pedro Paulo; Mestrando em Design; PUC-Rio

pedropauloramalho@yahoo.com.br

CHAGAS, Maria das Graças; Doutora em Design; PUC-Rio

chagas@puc-rio.br

BONELLI, João; Doutor em Design; PUC-Rio

joao-bonelli@puc-rio.br

Resumo

Este estudo explora os princípios do design sinestésico e sua correlação com os níveis de ansiedade, com o objetivo de investigar como a interação entre sensações corporais e manifestações emocionais pode ser utilizada para desenvolver abordagens mais eficazes na saúde mental e no processo de sensibilização de sua importância, tanto a nível do indivíduo quanto da sociedade. Este trabalho analisa a influência do design sinestésico nos níveis de ansiedade, buscando aprofundar a compreensão das complexas interações entre corpo, mente e ambiente, com implicações diretas para a promoção da saúde mental. O biofeedback é identificado como uma abordagem crucial, pois se alinha à sinestesia quando implementado em uma instalação interativa, permitindo uma visualização mais precisa de respostas fisiológicas relacionadas a níveis de ansiedade, como a frequência cardíaca, fornecendo feedback imediato das emoções do usuário relacionadas à ansiedade.

Palavras-chave: ansiedade; bem-estar emocional; design sinestésico; biofeedback.

Abstract

This study explores the principles of synesthetic design and its correlation with anxiety levels, aiming to investigate how the interaction between bodily sensations and emotional manifestations can be used to develop more effective approaches in mental health and in raising awareness of its importance, both at the individual and societal levels. This work analyzes the influence of synesthetic design on anxiety levels, seeking to deepen the understanding of the complex interactions between body, mind, and environment, with direct implications for the promotion of mental health. Biofeedback is identified as a crucial approach, as it aligns with synesthesia when implemented in an interactive installation, allowing for a more precise visualization of physiological responses related to anxiety levels, such as heart rate, providing immediate feedback on the user's emotions related to anxiety.

Keywords: anxiety; emotional well-being; synesthetic design; biofeedback.

1 Introdução

A pesquisa apresentada explora os conceitos fundamentais do design sinestésico e realiza uma análise de dados relacionados aos níveis de ansiedade, com o objetivo central de investigar como essa abordagem pode contribuir para aumentar o conhecimento sobre o impacto da ansiedade nos indivíduos. A nível de impacto social buscava-se também contribuir para despertar empatia pelos que sofrem com o transtorno de ansiedade. Caracterizada como uma manifestação exacerbada de sentimentos, a ansiedade pode desencadear condições graves e, se negligenciada, potencialmente evoluir para quadros depressivos. Dado o crescente número de pessoas afetadas por transtornos de ansiedade em todo o mundo, a busca por soluções inovadoras e eficazes torna-se essencial, e este estudo visa contribuir diretamente para este campo.

Partindo do conceito de tecnologia conforme delineado por Kenski (2003, p. 18), que a define como o estudo dos processos técnicos em um ramo específico da produção industrial ou em diversos ramos, emerge uma analogia entre produção e modernização, considerando a predisposição da sociedade a profundas transformações, seja no âmbito intelectual ou computacional. Essa perspectiva aponta para a importância de integrar novos conhecimentos e técnicas no campo da saúde mental, utilizando avanços tecnológicos para melhorar o bem-estar emocional.

Uma estratégia para compreender a ansiedade reside na exploração do potencial do design sinestésico para promover experiências que estimulam o corpo a experimentar diferentes sensações. Entende-se por design sinestésico uma abordagem que utiliza a estimulação simultânea de múltiplos sentidos para criar experiências sensoriais integradas e únicas, frequentemente envolvendo a visão, audição, olfato, tato e paladar. É possível, por exemplo, estimular a visão, audição, olfato, tato e paladar, delineando uma percepção singular e diferenciada. O design sinestésico desperta a curiosidade ao provocar sensações marcantes, instigando novos sentimentos e aprimorando a experiência do indivíduo. Esta abordagem não apenas enriquece a experiência sensorial, mas também pode facilitar a autoexpressão e a compreensão interna, essenciais para a gestão da ansiedade.

Alguns exemplos de projetos são elencados, os quais propagam uma gama diversificada de estímulos sensoriais, embora suscitem gatilhos para possíveis estados de estresse. Estes projetos serviram como estudos de caso para interpretar as reações corporais e manifestações de crises potenciais, bem como os sentidos mais afetados, como Synesthesia¹, Emergence², Drawing Breath³ e Emotion's Defibrillator⁴. A figura 1 elucida e correlaciona os autores e os principais mecanismos sensoriais alcançados, proporcionando uma visão ampla e detalhada das diversas formas de interação sensorial e suas implicações emocionais.

¹ CAETANO, Alexandra Cristina Moreira. SYNESTHESIAS. Interfaces da sensorialidade. Novembro/2015. Disponível em: http://www.realp.unb.br/jspui/bitstream/10482/19445/1/2015_AlexandraCristinaMoreiraCaetano.pdf. Acesso em: 16 abr. 2022.

² MONTGOMERY, Sean. Emergence - biofeedback art installation. Vídeo. YouTube, 23 mai. 2011. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=smfFF74ij0k>. Acesso em: 18 abr. 2022.

³ KHUT, George; TONKIN, John. Drawing Breath. Vídeo. Vimeo, 2 jun. 2009. Disponível em: <https://vimeo.com/4961438>. Acesso em: 19 abr. 2022.

⁴ GREWENIG, Tobias. Emotion's Defibrillator. Vídeo. YouTube, 18 mai. 2008. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=mWGPzF9kQdl>. Acesso em: 24 abr. 2022.

Figura 1 – Relação entre os projetos, autores e mecanismos sensoriais

PROJETO	AUTOR	POTENCIAL SINESTÉSICO	ESTÍMULOS SINESTÉSICOS
SYNESTHESIA	ALEXANDRA CAETANO	MÉDIO	AUDIÇÃO, VISÃO (PROJEÇÕES VISUAIS) E TATO (NEUROSENSORES)
EMERGENCE	SEAN MONTGOMERY	ALTO	AUDIÇÃO (BATIMENTOS CARDÍACOS), TATO (PULSOS ELÉTRICOS) E VISÃO (RAIOS DE LUZ/ CÂMERA)
DRAWING BREATH	GEORGE KHUT E JOHN TONKIN	ALTO	AUDIÇÃO (RUÍDOS/ SONS DE RESPIRAÇÃO), TATO (SENSORES DE RESPIRAÇÃO) E VISÃO (MOVIMENTOS 3D DA RESPIRAÇÃO EM MONITORES)
EMOTION'S DEFIBRILLATOR	TOBIAS GREWENIG	ALTO	AUDIÇÃO (RUÍDOS/ SONS DE RESPIRAÇÃO), VISÃO (CÂMERA) E TATO (CHOQUES ELÉTRICOS NAS MÃOS)

Fonte: os autores (2022)

Fundamentado nos dados apresentados, o design sinestésico traduz de forma empírica o campo do design emocional. De acordo com Desmet (2009), em uma perspectiva projetual, delineiam-se quatro formas de abordar o design centrado nas emoções:

- Com enfoque no usuário - Uma abordagem na qual as emoções do usuário guiam o processo projetual;
- Com enfoque no designer - Profissionais desafiam seus consumidores ao apresentar algo diferenciado, suscitando maior interesse por parte do usuário;
- Com enfoque na pesquisa - As diretrizes do projeto emergem de pesquisas e testes com os usuários, empregando técnicas de mensuração;
- Com enfoque na teoria - Uma sólida fundamentação teórica qualifica o design em termos de impacto emocional, promovendo um maior desenvolvimento conceitual.

Neste contexto, o biofeedback desempenha um papel importante para a pesquisa. Conforme Gevirtz (2003), essa técnica possibilita ao indivíduo monitorar e regular suas respostas fisiológicas em tempo real, incluindo frequência cardíaca, atividade cerebral e condutância da pele, todas intrinsecamente relacionadas aos estados emocionais, incluindo a ansiedade. Esta aplicação oferece um método objetivo e quantificável para avaliar os níveis de ansiedade dos participantes, permitindo uma análise mais precisa e fundamentada dos efeitos do design sinestésico nessa condição.

Portanto, a inclusão do biofeedback na pesquisa contribui para uma abordagem mais completa e abrangente do tema, fornecendo insights valiosos sobre a relação entre design sinestésico e ansiedade, e abrindo caminho para possíveis aplicações práticas no âmbito das políticas públicas de saúde mental.

1.1 Relevância da Pesquisa

A falta de visibilidade em certos casos de ansiedade é uma preocupação significativa. Nesse contexto, é crucial promover a empatia social e compreender a condição não apenas como uma doença, mas como um indicativo de desequilíbrio interno. A sociedade tende a avaliar a ansiedade

com base em padrões de normalidade que nem sempre captam a complexidade das experiências individuais. Assim, é necessário um ajuste de comportamento para evitar futuros obstáculos e cultivar uma vida mais equilibrada e compassiva.

No contexto desse cenário, tanto o design sinestésico quanto o biofeedback desempenham papéis importantes. O design sinestésico, ao explorar a interação entre sensações corporais e emoções, permite uma abordagem mais holística e empática em relação à ansiedade. Ao estimular os sentidos humanos, como visão, audição, olfato, tato e paladar, o design sinestésico pode criar experiências sensoriais que auxiliam na compreensão e no enfrentamento da ansiedade de maneira integrada e consciente. Estudos demonstram que a sinestesia pode melhorar a percepção emocional e a interação do usuário com o ambiente, proporcionando uma experiência mais rica e envolvente (Ren & Liu, 2023).

Por outro lado, o biofeedback oferece uma abordagem objetiva para avaliar os estados emocionais, incluindo a ansiedade, sem recorrer à repetição sobre quantificação. Ao permitir que os indivíduos monitorem e regulem suas respostas fisiológicas em tempo real, o biofeedback oferece insights valiosos sobre os efeitos do design sinestésico e outras intervenções relacionadas à ansiedade. A utilização de biofeedback em ambientes controlados tem mostrado eficácia na redução dos níveis de ansiedade e na promoção do bem-estar emocional (Alneyadi *et al.*, 2020).

A integração dessas abordagens proporciona uma perspectiva multifacetada sobre a ansiedade, combinando o poder das experiências sensoriais com a precisão das medições fisiológicas. Essa abordagem integrada permite uma compreensão mais profunda das respostas emocionais e fisiológicas dos indivíduos, oferecendo uma base sólida para o desenvolvimento de intervenções eficazes. A sinergia entre o design sinestésico e o biofeedback pode resultar em intervenções que não apenas mitigam os sintomas de ansiedade, mas também promovem a auto-consciência e a auto-regulação emocional. Esta combinação tem o potencial de transformar a forma como a ansiedade é compreendida e tratada, oferecendo uma alternativa aos métodos tradicionais que muitas vezes focam apenas nos sintomas (Zafeiri *et al.*, 2019).

A pesquisa também contribui para o campo da saúde mental ao destacar a importância da personalização e da empatia nas intervenções terapêuticas. Ao reconhecer a individualidade das experiências de ansiedade, podemos desenvolver soluções que são mais adaptadas às necessidades específicas de cada pessoa, promovendo um cuidado mais humano e eficaz. Em suma, a relevância dessa pesquisa reside na capacidade de proporcionar novas ferramentas e metodologias para lidar com a ansiedade de forma mais eficaz, transformando a forma como projetamos e interagimos com o ambiente e com nossas próprias emoções e experiências sensoriais (Krishnan *et al.*, 2021).

1.2 O design sinestésico

O design, caracterizado por sua natureza interdisciplinar e sua permeabilidade em diversos campos de estudo, promove uma reflexão complexa sobre os sentidos humanos. A capacidade de amalgamar sensações e experiências no corpo humano amplia tanto o atrativo quanto as possibilidades de aplicação nesse campo de pesquisa. Segundo Donald Norman (2008), o pensamento humano pode ser categorizado em três níveis distintos: visceral, comportamental e reflexivo.

O visceral é automático ou pré-programado, faz julgamentos rápidos - como o que é bom ou ruim, seguro ou perigoso [...]. O nível comportamental refere-se aos processos cerebrais que controlam a maior parte de nossas ações - como andar de bicicleta, tocar um

instrumento musical, dirigir um carro [...]. O nível reflexivo refere-se à interpretação, compreensão e raciocínio e à parte contemplativa do cérebro. É nele que são processadas ações como apreciar uma obra de arte, sentir saudades de um amigo, torcer para um time de futebol (Norman, 2008, p. 14).

Há uma relação intrínseca entre o conceito de "design emocional" e o domínio da psicologia cognitiva, conferindo ao design uma abordagem linear e interdisciplinar, capaz de promover novas interações com o indivíduo. Norman (2008) sugere que certas condições ambientais podem desencadear respostas automáticas, positivas ou negativas, nas pessoas, interagindo com os padrões viscerais. Em resumo, tais respostas, dependentes do contexto em que se encontram, influenciam a natureza das emoções. Ruídos, calor, frio excessivo e multidões tendem a gerar sensações negativas, enquanto sons suaves, cores vibrantes e ambientes serenos induzem sensações positivas.

O objetivo é estabelecer uma sinergia entre o design e a psicologia por meio de experiências imersivas, incorporando conceitos fundamentais de design emocional através de estímulos que traduzam as vivências da ansiedade em sensações sinestésicas. É fundamental ressaltar que a empatia e a positividade tóxica desempenham papéis significativos no contexto apresentado, uma vez que a simulação de respostas positivas e negativas na experiência do usuário proporciona insights e reflexões mais profundos, facilitando a compreensão daqueles que não sofrem de transtornos de ansiedade em relação ao projeto.

As emoções positivas ampliam os repertórios de pensamento-ação das pessoas encorajando-as a descobrir novas linhas de raciocínio ou ação. A alegria, por exemplo, cria o impulso de brincar, o interesse cria o impulso de explorar, e assim por diante. Brincar, por exemplo, constrói habilidades físicas, socioemocionais e intelectuais, e incrementa o desenvolvimento do cérebro. De maneira semelhante, a exploração aumenta o conhecimento e a complexidade psicológica. (FREDRICKSON, JOINER, 2002 apud NORMAN, 2008, p. 128).

Para ampliar ainda mais a compreensão do design sinestésico, é importante explorar suas aplicações práticas em diferentes contextos, como arquitetura, design de interiores, comunicação visual e experiência do usuário em produtos e serviços. Por exemplo, na arquitetura, o uso de materiais texturizados, iluminação e sons específicos pode criar ambientes que estimulam sensações de calma e segurança, contribuindo para o bem-estar emocional das pessoas que os habitam. No design de interiores, a seleção de cores, texturas e elementos decorativos pode influenciar diretamente o estado de espírito e as emoções dos ocupantes de um espaço.

Portanto, ao integrar os princípios do design sinestésico em diferentes áreas e disciplinas, podemos criar experiências mais enriquecedoras e significativas que não apenas abordam a ansiedade, mas também promovem o bem-estar emocional e a conexão humana. Esta abordagem holística e centrada no ser humano tem o potencial de transformar não apenas o design, mas também a forma como vivemos e interagimos com o mundo ao nosso redor.

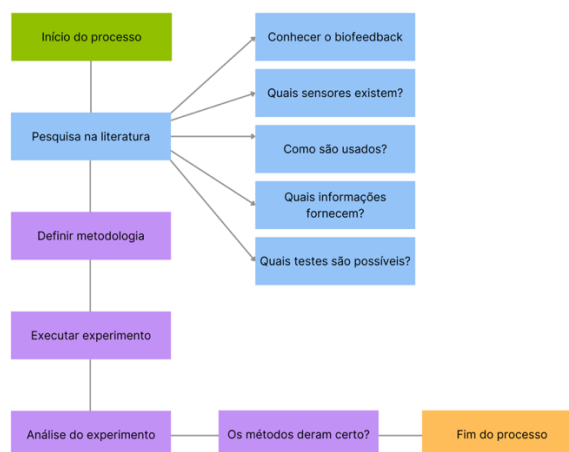
1.3 **Biofeedback: design e Interação**

O biofeedback é uma técnica que fornece informações biológicas em tempo real ao paciente. Giggins *et al.* (2013) descrevem duas estratégias principais de retorno dessas informações ao usuário: o feedback direto e o feedback transformado. No feedback direto, os dados dos sensores

são exibidos diretamente ao usuário, enquanto no feedback transformado, os dados são utilizados para controlar outro sinal.

No contexto do design, a utilização de sensores no projeto de biofeedback não só fornece dados críticos para a funcionalidade do sistema, mas também contribui significativamente para a experiência do usuário. Esses sensores capturam informações biológicas que, quando processadas e apresentadas de maneira acessível, podem melhorar a interação do usuário com a tecnologia.

Figura 2 – Exemplificação do processo do biofeedback



Fonte: os autores (2024)

1.4 **Biossensores**

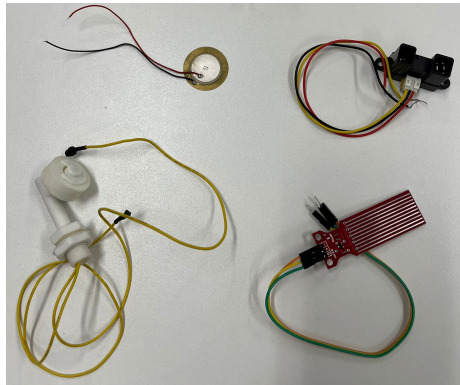
Os biossensores, como dispositivos analíticos, têm sido amplamente empregados em diversas áreas, incluindo o campo biomédico, onde desempenham um papel fundamental no diagnóstico e monitoramento de condições de saúde (Bhalla *et al.*, 2016). Eles operam convertendo reações biológicas ou químicas em sinais elétricos mensuráveis, proporcionando uma forma precisa e eficiente de obter informações sobre processos biológicos complexos. Esses dispositivos são capazes de detectar marcadores biológicos específicos presentes em fluidos corporais, como sangue, urina, saliva e suor, fornecendo informações valiosas para o diagnóstico precoce e o tratamento eficaz de uma ampla gama de condições médicas.

O termo "biossensor" é frequentemente utilizado para descrever sensores que medem a concentração de substâncias ou outros parâmetros de interesse biológico, mesmo quando não envolvem diretamente um sistema biológico (Chaplin, 2014). Esses dispositivos são projetados para serem altamente sensíveis e seletivos, permitindo a detecção precisa de alvos moleculares específicos em diferentes tipos de amostras biológicas.

No contexto do design sinestésico, os biossensores emergem como uma interseção fascinante entre tecnologia e percepção sensorial integrada. O design sinestésico envolve a criação de experiências que engajam múltiplos sentidos de maneira coordenada, potencializando a percepção e a imersão do usuário. Biossensores podem ser utilizados para capturar dados fisiológicos em tempo real, como frequência cardíaca, temperatura da pele e atividade eletrodermal, que podem ser traduzidos em feedback tátil, auditivo ou visual.

Além disso, o uso de biossensores no design sinestésico pode abrir novas possibilidades para intervenções terapêuticas, onde o ambiente é adaptado para responder ao estado emocional e fisiológico do usuário, proporcionando conforto e bem-estar. Esta abordagem inovadora no design não só melhora a funcionalidade dos espaços e dispositivos, mas também realça a importância de uma abordagem holística que considera o corpo e a mente como um todo integrado.

Figura 3 - Exemplos de sensores de água, nível de água, pressão e distância



Fonte: os autores (2024)

2 Metodologia

A metodologia adotada neste estudo segue uma abordagem mista, combinando elementos qualitativos e quantitativos. Essa estratégia é fundamentada na compreensão de que a investigação dos potenciais sinestésicos e do grau de ansiedade requer uma perspectiva abrangente, capaz de capturar tanto as nuances subjetivas das experiências individuais quanto as respostas fisiológicas mensuráveis.

A abordagem qualitativa, representada por entrevistas semiestruturadas e grupos focais, baseia-se na compreensão da natureza multifacetada da ansiedade e dos potenciais sinestésicos. Segundo autores como Antonovsky (1987), a ansiedade não é apenas um fenômeno isolado, mas uma interação complexa entre fatores individuais, ambientais e psicossociais. Portanto, ao adotar métodos qualitativos, buscamos capturar a narrativas dos participantes, explorando suas percepções, experiências e significados atribuídos aos fenômenos estudados.

Além disso, os experimentos controlados com *biofeedback* foram fundamentados em teorias psicofisiológicas que destacam a interconexão entre mente e corpo. Segundo as teorias de Cannon (1927) e Selye (1956), o corpo humano responde a estímulos estressores através do sistema nervoso autônomo, desencadeando uma série de reações fisiológicas que podem incluir aumento da frequência cardíaca, tensão muscular e alterações na respiração.

Dessa forma, a combinação de abordagens qualitativas e quantitativas neste estudo reflete uma compreensão abrangente dos fenômenos em estudo, permitindo uma análise aprofundada das experiências subjetivas dos participantes e das respostas fisiológicas associadas à ansiedade. Essa triangulação de métodos não apenas enriquece a validade e a confiabilidade dos resultados, mas também fornece insights valiosos para o desenvolvimento de intervenções eficazes no controle e tratamento dos transtornos ansiosos.

3 Desenvolvimento e registro do processo

Para o desenvolvimento e registro do processo, foram conduzidos diversos experimentos audiovisuais imersivos com o objetivo de investigar a interação entre positividade tóxica, empatia e ansiedade. A sinestesia, que envolve a mistura de diferentes sentidos, foi uma ferramenta fundamental para criar experiências imersivas que permitissem aos participantes vivenciar emoções e estados mentais contrastantes. Com o uso de tecnologias avançadas de edição de áudio e vídeo, bem como de sensores para coleta de dados em tempo real e biofeedback, cada experimento foi meticulosamente planejado e executado para proporcionar insights valiosos sobre como estímulos visuais e sonoros podem influenciar o estado emocional dos indivíduos (Taylor *et al.*, 2023).

Os experimentos audiovisuais utilizaram realidade virtual (VR) para recriar experiências sinestésicas, permitindo que os participantes visualizassem associações auditivas-visuais em um ambiente controlado. Por exemplo, Taylor *et al.* (2023) demonstraram que a VR pode capturar elementos da percepção sinestésica, como textura, movimento e estrutura tridimensional, que outros métodos não conseguem reproduzir.

Além disso, o uso de biofeedback em ambientes de realidade virtual para estudar desordens de pânico mostrou-se eficaz em aumentar a empatia e a compreensão dos sintomas de ansiedade. Russell *et al.* (2018) projetaram um sistema VR que expôs os participantes a níveis crescentes de sintomas de desordem de pânico, resultando em um aumento significativo na empatia dos participantes em relação aos que sofrem de ataques de pânico.

O projeto também envolveu a criação de visualizações artísticas de música, modelando experiências sinestésicas, onde os sons eram transformados em cores e formas visuais, proporcionando uma compreensão mais profunda de como a sinestesia pode ser utilizada para influenciar estados emocionais (Adiletta & Thomas, 2020).

Os dados coletados através de sensores de biofeedback e tecnologias de VR foram analisados para entender como os estímulos audiovisuais influenciam as respostas emocionais e fisiológicas dos participantes. Estudos mostraram que a integração de técnicas de sinestesia artificial em VR pode aumentar a atenção e melhorar o controle emocional, oferecendo um método potencialmente eficaz para terapias guiadas por imagem para alívio da dor e outras aplicações médicas (Reif & Alhalabi, 2018).

Em resumo, o uso de sinestesia e tecnologias imersivas em VR combinadas com biofeedback proporcionou uma plataforma poderosa para explorar as interações complexas entre positividade tóxica, empatia e ansiedade.

3.1 Primeira experimentação

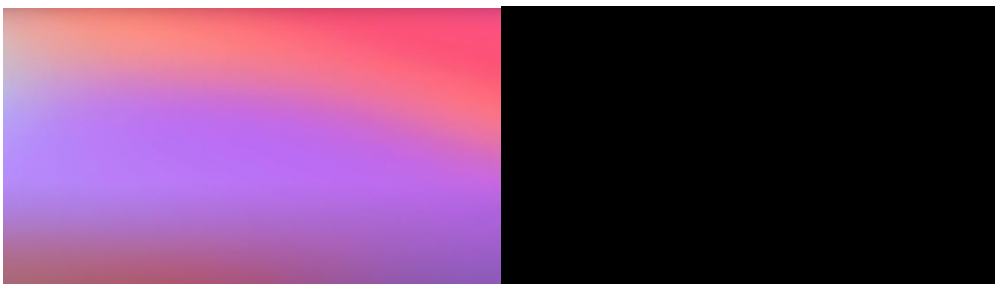
O primeiro experimento, fundamentado na análise de projetos que estimulam o potencial sinestésico, envolveu a realização de dois sub-experimentos iniciais utilizando a edição de imagens e sons com o software Adobe Premiere. A intenção era imergir os participantes em cenários contrastantes, um positivo e outro negativo. No polo positivo, as imagens eram calmas, com nuances de cor e som relaxante, enquanto no polo negativo, as imagens variavam entre branco e preto, acompanhadas por sons de criança chorando e ruídos desconfortantes. O principal objetivo era abordar a questão da ansiedade e sua manifestação através de estímulos visuais e sonoros (Parise & Spence, 2009).

Para compreender melhor o experimento, considerou-se fundamental assimilar a relação entre empatia e ansiedade. Trabalhar com dois polos divergentes permitiu observar como os participantes se comportavam, seja por gestos, expressões faciais ou batimentos cardíacos. Inicialmente, o áudio foi normal, mas posteriormente foi reeditado para ser binaural, amplificando a questão da sinestesia e desencadeando dois sub-experimentos. As respostas dos participantes revelaram diferenças significativas nas reações aos dois vídeos. O primeiro vídeo⁵, com som normal, foi descrito como relaxante e agradável, enquanto o segundo vídeo⁶, com som binaural, causou incômodo e ansiedade (Taylor *et al.*, 2023).

Os experimentos audiovisuais demonstraram que a sinestesia pode ser uma ferramenta poderosa para estudar a integração multimodal e suas implicações emocionais. Por exemplo, estudos mostraram que estímulos sinestésicos congruentes (por exemplo, som e cor associados de maneira sinestésica) podem promover uma integração multimodal mais forte, o que pode intensificar as respostas emocionais (Whitelaw, 2008).

Além disso, a reedição do áudio para um formato binaural intensificou a experiência sensorial, aumentando a sensação de presença e a resposta emocional dos participantes. Estudos indicam que a percepção auditiva visualmente congruente pode melhorar a compreensão emocional e empática dos estímulos apresentados, demonstrando a eficácia dos métodos utilizados neste experimento (Sinke *et al.*, 2014).

Figura 4 - Polo positivo à esquerda e negativo à direita



Fonte: os autores (2022)

3.2 Segunda experimentação

No segundo experimento, a abordagem foi expandida para incluir programação criativa, utilizando o software Processing. Esta mudança permitiu uma maior autonomia do usuário na exploração de novos comandos e uma perspectiva visual diferente. A biblioteca de vídeos dos pólos positivos e negativos foi mantida, mas a interação foi enriquecida através de novas funcionalidades programadas. Os testes e feedbacks dos usuários levaram a melhorias no experimento, que se tornou mais imersivo e interativo (Siepmann *et al.*, 2019).

Os participantes relataram novamente suas experiências com os vídeos positivos e negativos. O vídeo positivo foi associado a sensações relaxantes, enquanto o vídeo negativo foi descrito como angustiante, especialmente devido aos sons de criança chorando e outros ruídos

⁵ Experimento 1.1 disponível em: https://youtu.be/4FPJZ1_vfoY. Acesso em: 15 jul. 2024.

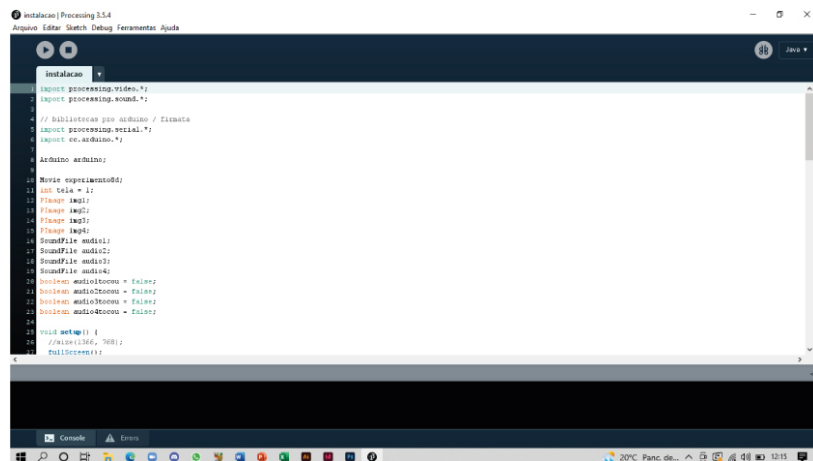
⁶ Experimento 1.2 disponível em: <https://youtu.be/6B8Eh9I9SDo>. Acesso em: 15 jul. 2024.

agudos. A inclusão de um ambiente de desenvolvimento integrado permitiu uma transição do audiovisual estático para uma experiência mais dinâmica e envolvente (Paolizzo & Johnson, 2020).

O uso de programação criativa em ambientes imersivos permite que os participantes tenham um papel ativo na modelagem de suas experiências, o que pode levar a um maior engajamento e respostas emocionais mais intensas. Esse tipo de abordagem também pode facilitar a identificação de padrões comportamentais e emocionais que não seriam evidentes em ambientes mais controlados e estáticos (Smith & Freeman, 2021).

A expansão para um ambiente de programação criativa com Processing no segundo experimento proporcionou uma plataforma mais interativa e dinâmica para os participantes, aumentando a profundidade e a qualidade dos dados coletados e proporcionando novos insights sobre a interação entre estímulos audiovisuais e respostas emocionais.

Figura 5 – Print da tela do computador com programa Processing



```

instalacao
import processing.video.*;
import processing.sound.*;

// Bibliotecas por Arduino / Einaudi
import ce.arduino.*;

Arduino arduino;

// Nome registrado
int title = 1;
PImage img1;
PImage img2;
PImage img3;
SoundFile audio1;
SoundFile audio2;
SoundFile audio3;
boolean audio1toouo = false;
boolean audio2toouo = false;
boolean audio3toouo = false;

void setup() {
  //size(1280, 768);
  fullScreen();
  
```

Fonte: os autores (2022)

3.3 Terceira experimentação

Para o terceiro experimento⁷, foram incorporados sensores para coleta de dados em tempo real. Utilizou-se a plataforma de prototipagem eletrônica Arduino, que possibilitou a criação de um assistente virtual e a integração de sensores de batimento cardíaco e eletroencefalograma (EEG). Estes sensores mediram as respostas fisiológicas dos participantes durante a experiência, oferecendo uma análise mais detalhada sobre como os diferentes estímulos afetavam a ansiedade (Kioumars & Tang, 2011).

O uso de biofeedback foi essencial para monitorar as reações fisiológicas dos participantes em tempo real. Notou-se que iniciar o experimento com o polo negativo e finalizar com o positivo ajudava a acalmar os participantes ao final da experiência, promovendo a empatia. A utilização de um assistente virtual e telas de navegação interativas melhorou a orientação dos usuários através do experimento, enquanto os dados coletados em tempo real forneceram informações valiosas sobre os níveis de ansiedade e estresse (Chung *et al.*, 2021).

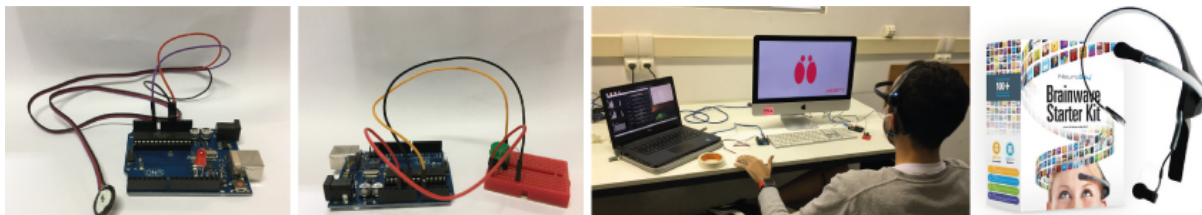
A plataforma Arduino, combinada com sensores de batimento cardíaco e EEG, proporcionou um sistema robusto para a coleta de dados fisiológicos em tempo real. Estudos demonstram que

⁷ Experimento disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=V2ToYDloiWA>. Acesso em: 15 jul. 2024.

sistemas baseados em Arduino são eficazes para monitorar parâmetros vitais como frequência cardíaca e temperatura corporal, oferecendo uma solução de baixo custo e fácil implementação (Anandh & Indirani, 2018).

A utilização de tecnologias de biofeedback em ambientes controlados pode ajudar a identificar padrões de resposta ao estresse e à ansiedade, permitindo intervenções mais personalizadas. A integração de sensores em plataformas como Arduino permite a coleta contínua de dados, que pode ser usada para ajustar intervenções em tempo real e melhorar os resultados terapêuticos (Jeong *et al.*, 2021).

Figura 6 – Sensores de batimento cardíaco, botão e eletroencefalograma (biofeedback) em uso



Fonte: os autores (2022)

3.4 Quarta experimentação

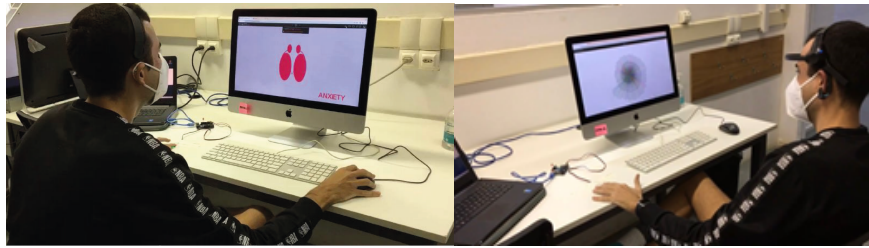
O quarto experimento⁸ envolveu a substituição do software Processing pelo Open Processing, uma versão online que melhorou a estabilidade e a performance do projeto. A abordagem visual e sonora foi refinada, com a inclusão do Milkdrop Visualizer, que transformava música em arte visual em tempo real, criando uma experiência sinestésica. A música utilizada no pólo negativo foi modificada para incluir sons ainda mais desconfortantes, enquanto a música do pólo positivo foi selecionada por suas propriedades calmantes (Blum *et al.*, 2019).

A análise dos batimentos cardíacos em tempo real permitiu observar as reações dos participantes aos estímulos, ajudando a identificar momentos de ansiedade e estresse (Rockstroh *et al.*, 2019). A incorporação do biofeedback continuou sendo importante para validar as respostas emocionais dos indivíduos em relação aos estímulos proporcionados.

Ao longo dos experimentos, a importância da empatia e da compreensão das experiências individuais dos participantes foi uma constante. A coleta e análise dos dados ajudaram a refinar cada experimento, culminando em um protótipo final que não só investigava a ansiedade, mas também promovia uma maior consciência sobre a saúde mental. Através de uma abordagem integrada que combinava tecnologia, arte e ciência, os experimentos forneceram uma plataforma rica para explorar as complexas interações entre estímulos sensoriais e estados emocionais (Park & Jung, 2020).

Figura 7 - Experimentação do programa Open Processing

⁸ Experimento disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3uVVxY7Mm9U>. Acesso em: 15 jul. 2024.



Fonte: os autores (2022)

4 Visualização de dados em tempo real

A implementação de tecnologias para a visualização em tempo real de dados biométricos, especificamente a frequência cardíaca, constitui um avanço significativo na monitorização da saúde cardiovascular. O desenvolvimento de interfaces de usuário aprimoradas, como painéis de controle intuitivos, facilita a interpretação dos dados da frequência cardíaca, promovendo uma melhor compreensão dos estados de saúde individuais (Grioui & Blascheck, 2021).

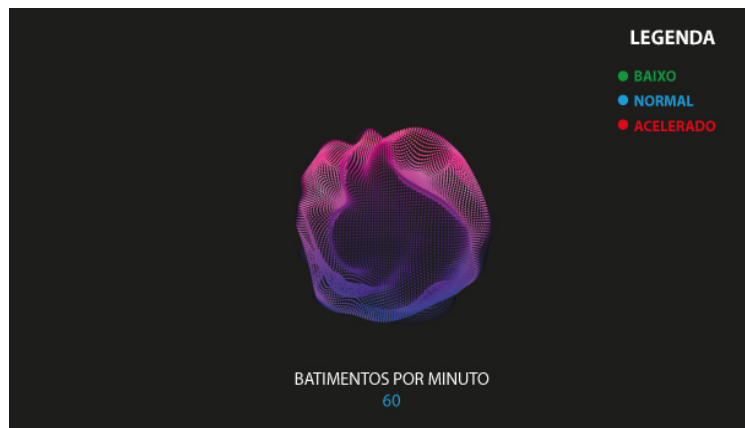
Neste contexto, a evolução dos sensores de batimento cardíaco, evidenciada pela introdução de um novo painel com codificação de cores para representar diferentes faixas de batimentos (baixos, normais e acelerados), exemplifica um progresso notável na apresentação de informações médicas de forma acessível aos usuários (Bitterman *et al.*, 2010).

Conforme elucidado pela literatura médica, a classificação dos batimentos cardíacos em faixas específicas - baixos (0 a 59 BPM), normais (60 a 99 BPM) e acelerados (a partir de 100 BPM) - é fundamental para a avaliação precisa da função cardíaca (American Heart Association, 2020). A integração de um algoritmo matemático que atualiza a frequência cardíaca a cada dez segundos permite uma monitorização contínua e detalhada, crucial para a detecção precoce de anomalias cardíacas potencialmente graves (Nashif *et al.*, 2018).

A implementação de cores distintas para indicar as várias faixas de batimentos cardíacos melhora significativamente a usabilidade e acessibilidade da informação, permitindo aos usuários uma interpretação visual imediata dos dados (Burykin *et al.*, 2015). Esta abordagem facilita a autoavaliação e promove uma maior conscientização sobre a saúde cardiovascular, incentivando uma resposta mais rápida a possíveis desvios dos padrões normais de batimento cardíaco. Além disso, a atualização frequente e automática dos dados, fundamentada em critérios estabelecidos pela literatura médica, assegura uma avaliação precisa e em tempo real da frequência cardíaca. Isso não apenas aumenta a eficácia do monitoramento da saúde cardiovascular, mas também potencializa a autonomia do usuário na gestão da própria saúde (Quintero *et al.*, 2019).

Em síntese, as inovações nos sensores de batimento cardíaco, especialmente no que tange à visualização de dados e interpretação intuitiva através de codificação de cores, refletem uma integração bem-sucedida de tecnologia e design centrado no usuário.

Figura 8 - Visualização dos batimentos cardíacos em tempo real



Fonte: os autores (2022)

5 Protótipo final

O processo de desenvolvimento culminou no protótipo final⁹ do projeto, uma etapa essencial para a análise e coleta de dados. Inicialmente, foi decidido remover o sensor MindWave devido a questões técnicas relacionadas à conectividade Bluetooth, bem como à dificuldade na interpretação dos gráficos gerados pelo dispositivo, o que poderia comprometer a validade dos resultados. Dessa forma, o foco foi mantido no sensor de batimentos cardíacos, que seria responsável por analisar em tempo real os batimentos cardíacos dos participantes, identificando possíveis crises de ansiedade ou estresse. Estudos mostram que sistemas baseados em sensores ECG, como o descrito por Wong (2009), são capazes de detectar variabilidade da frequência cardíaca em tempo real, proporcionando dados precisos e contínuos (Wong, 2009). Outro estudo realizado por Singh *et al.* (2021) destaca a precisão dos sensores de ECG sem fio quando integrados a smartphones. Este estudo demonstrou que os sensores podem alcançar uma precisão de 100% em determinadas faixas de batimento cardíaco, comparáveis a sistemas comerciais de ECG, validando a eficácia e confiabilidade dos protótipos desenvolvidos (Singh *et al.*, 2021). A decisão de focar no sensor de batimentos cardíacos também se justifica pela robustez e confiabilidade desses dispositivos em diversos contextos de monitoramento. Estudos mostram que esses sensores podem fornecer informações detalhadas sobre a variabilidade da frequência cardíaca (HRV), o que é crucial para monitorar e analisar os níveis de estresse e ansiedade dos participantes (Chirakanphaisarn *et al.*, 2016).

A integração da sinestesia no design do protótipo final foi essencial para criar uma experiência imersiva que combina estímulos visuais e auditivos. A sinestesia, a experiência de um sentido através de outro, foi explorada para enriquecer a experiência dos participantes, permitindo uma percepção mais profunda e intuitiva dos estímulos. O uso do Milkdrop Visualizer, que transforma música em arte visual em tempo real, exemplifica como a sinestesia pode ser aplicada para criar ambientes envolventes e emocionalmente impactantes. Estudos como o de Andrade (2010) destacam a eficácia de sistemas que processam sinais de áudio e os transformam em imagens em tempo real, proporcionando uma experiência sinestésica rica (Andrade, 2010).

Além disso, o design de interfaces de usuário intuitivas, como painéis de controle com codificação de cores para diferentes faixas de batimentos cardíacos (baixos, normais e acelerados), facilita a interpretação dos dados da frequência cardíaca. Isso promove uma melhor compreensão

⁹ Protótipo final disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=IYqYa_IlmoE. Acesso em: 15 jul. 2024.

dos estados de saúde individuais e permite uma resposta rápida a possíveis desvios dos padrões normais de batimento cardíaco. A implementação de cores distintas para indicar as várias faixas de batimentos cardíacos melhora significativamente a usabilidade e acessibilidade da informação, permitindo aos usuários uma interpretação visual imediata dos dados (Bitterman *et al.*, 2010).

Em síntese, as inovações nos sensores de batimento cardíaco, especialmente no que tange à visualização de dados e interpretação intuitiva através de codificação de cores, refletem uma integração bem-sucedida de tecnologia e design centrado no usuário. Tal progresso sublinha a importância de fornecer aos indivíduos ferramentas acessíveis e compreensíveis para o monitoramento e a compreensão de sua saúde cardiovascular, contribuindo significativamente para a prevenção de doenças e a promoção do bem-estar geral.

Figura 9 - Instalação completa



Fonte: os autores (2022)

6 Dispositivos de interação para sensor de batimento cardíaco, controle de experiência e caixa de feedback

Para acomodar o sensor de batimento cardíaco, foi desenvolvida uma chapa em formato de mão. Essa estrutura, projetada após um estudo inicial, passou por diferentes etapas de produção, incluindo a confecção de um modelo em EVA e a fabricação da chapa final em MDF. O design ergonômico da chapa garante um posicionamento adequado do sensor, permitindo uma coleta precisa dos dados de frequência cardíaca (Convertino, 1997).

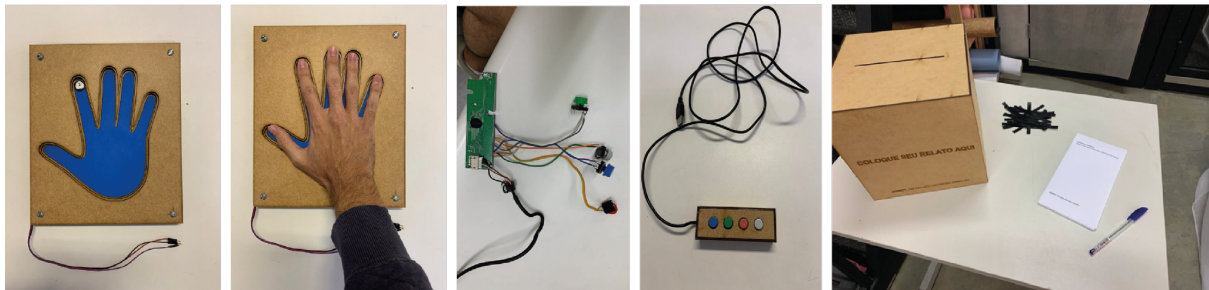
Além disso, foi criado um sistema de controle da experiência, consistindo em botões personalizados soldados a um teclado convencional. Cada botão foi atribuído a uma função específica dentro da experiência, proporcionando uma interação mais intuitiva e esteticamente adequada. Estudos demonstram que a personalização de interfaces de controle, como a utilização de botões táteis e intuitivos, pode melhorar significativamente a experiência do usuário, aumentando a interação e a resposta emocional durante os experimentos (Gao *et al.*, 2011).

Para avaliar o impacto da experiência no usuário, foi desenvolvida uma caixa de feedbacks. Os participantes puderam compartilhar anonimamente suas impressões sobre a vivência, enquanto recebiam um papel aromatizado com óleo essencial de flor de laranjeira, buscando proporcionar um momento de relaxamento após a experiência. A incorporação de elementos sensoriais, como aromas relaxantes, contribui para uma experiência mais holística e pode ajudar a diminuir os níveis de ansiedade dos participantes, conforme relatado por Zhao *et al.* (2020) em estudos de controle de frequência cardíaca através de feedback sensorial.

Esses dispositivos representam uma etapa fundamental para aprimorar a experiência do usuário em ambientes interativos, destacando a importância da integração entre design e tecnologia para potencializar os resultados do projeto. A combinação de interfaces de usuário intuitivas, sistemas de controle ergonômicos e elementos de feedback sensorial não só melhora a usabilidade, mas também enriquece a experiência emocional dos participantes, contribuindo para resultados experimentais mais robustos e confiáveis (Jing *et al.*, 2022).

Em resumo, a abordagem integrada de design centrado no usuário e práticas experimentais avançadas reforça a eficácia dos dispositivos desenvolvidos, proporcionando uma plataforma robusta para a coleta e análise de dados em estudos de monitoramento da frequência cardíaca e respostas emocionais.

Figura 10 - Chapa em formato de mão contendo sensor de batimento cardíaco, teclado reformulado em formato de botão e caixa de feedback

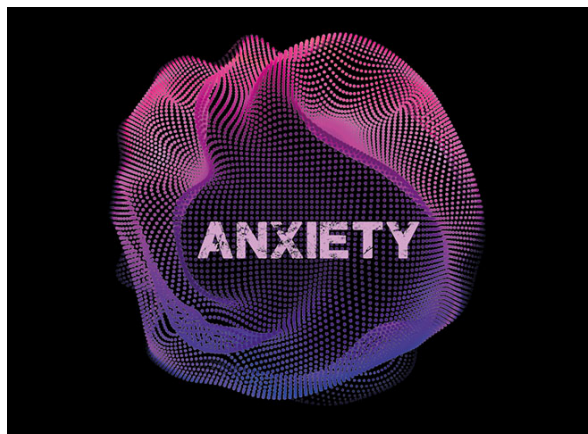


Fonte: os autores (2022)

7 Instalação

A instalação do projeto, denominado ANXIETY, foi planejada para proporcionar uma experiência imersiva aos participantes, tendo sido alocada em um espaço silencioso, reservado, e de baixa iluminação, criando um ambiente propício para a imersão. A utilização de ambientes com iluminação controlada e baixa intensidade é uma prática comum em instalações imersivas, pois ajuda a focar a atenção dos participantes nos estímulos sensoriais principais e reduz distrações externas (Girão, 2008).

Figura 11 - Logo do projeto



Fonte: os autores (2022)

O espaço será equipado com duas telas de computador, uma para a exibição do conteúdo audiovisual e outra para o monitoramento dos batimentos cardíacos. A inclusão de múltiplas telas facilita a integração de dados visuais e biométricos em tempo real, permitindo que os participantes observem suas respostas fisiológicas enquanto são expostos a diferentes estímulos. Esta abordagem tem sido utilizada em instalações de realidade virtual para aumentar a consciência corporal e emocional dos participantes (Freeman *et al.*, 2017).

Estudos demonstram que a combinação de estímulos multissensoriais pode aumentar significativamente a sensação de presença e o impacto emocional de uma instalação (Chen & Ibrahim, 2023).

Essas estratégias de design visam proporcionar uma experiência completa e envolvente, onde os participantes possam se sentir imersos e emocionalmente conectados ao ambiente. A integração de tecnologia e design centrado no usuário é fundamental para potencializar os resultados do projeto, proporcionando insights valiosos sobre as complexas interações entre estímulos sensoriais e estados emocionais (Quesnel *et al.*, 2018).

Em síntese, a instalação foi projetada para criar um ambiente imersivo que favoreça a introspecção e a análise emocional dos participantes, utilizando uma combinação de estímulos sensoriais e tecnologia avançada para monitorar e avaliar suas respostas fisiológicas e emocionais.

Figura 12 – Exposição da instalação



Fonte: os autores (2022)

8 Seleção, perfil e consentimento dos participantes

Uma vez que, além do impacto nos indivíduos, a pesquisa também objetivava, a nível de impacto social, contribuir para despertar empatia pelos que sofrem de transtorno de ansiedade, foi realizado um recorte que não focava exclusivamente em pessoas com transtornos específicos. Decidiu-se abrir um leque de opções para permitir a participação de um público geral. A exposição foi realizada em um evento que proporcionava essa diversidade amostral, com acesso aberto à instalação. Essa abordagem está em linha com os princípios de diversidade amostral que ampliam a generalização dos resultados, como discutido por Lawson e Fisher (2011) e Rhodes *et al.* (2008), que argumentam que a diversidade amostral é crucial para ampliar a validade e o alcance das conclusões obtidas.

Os participantes do experimento foram selecionados de maneira não probabilística, com base em sua presença no evento acadêmico onde a instalação foi exibida. A escolha de realizar a exposição durante um evento acadêmico permitiu atrair um público diversificado, incluindo estudantes universitários, professores e visitantes da universidade. Esta estratégia de amostragem é relevante, especialmente para pesquisas em contextos específicos, como enfatizado por Turban

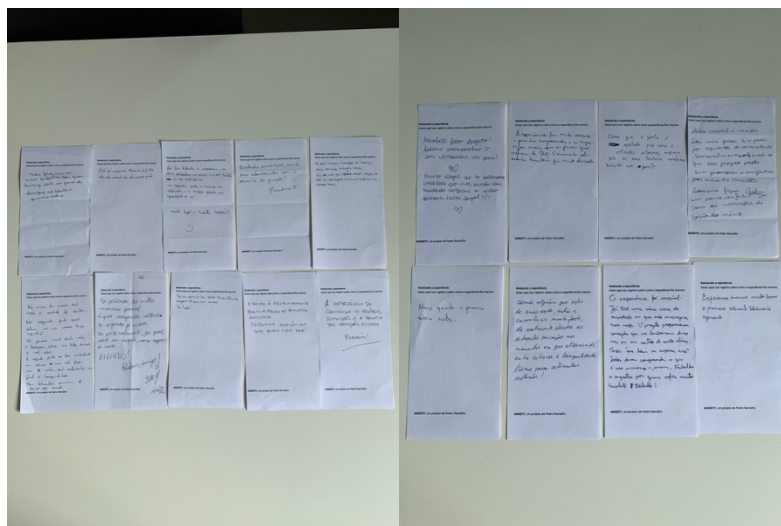
et al. (2022). O perfil diversificado dos participantes proporcionou uma amostra heterogênea, o que é valioso para estudos que visam generalizações mais amplas.

Todos os participantes foram informados sobre a natureza da pesquisa e puderam decidir livremente sobre sua participação. Na instalação, havia um aviso de sequência de telas que explicava o procedimento e oferecia a possibilidade de abortar a experiência antes de seu início. Este procedimento assegurou que os participantes estivessem cientes do processo, respeitando os princípios éticos de consentimento informado, conforme discutido por Fergus e Wu (2013). Além disso, como destacado por Beauchamp e Childress (2013), a ética da pesquisa requer que os participantes sejam totalmente informados sobre os riscos e benefícios, garantindo que sua participação seja verdadeiramente voluntária. Essa prática é fundamental para garantir a integridade ética do estudo, proporcionando aos participantes total autonomia em sua decisão de participar ou não da pesquisa.

Após a experiência, os participantes puderam, se desejassem, preencher um depoimento anônimo por escrito e depositá-lo em uma caixa de feedback. A reflexão focava na experiência dos participantes com os estímulos, possíveis desconfortos, sensação de imersão e o potencial do projeto para causar ansiedade.

Esse processo garantiu a conformidade ética e respeitou a autonomia dos participantes, assegurando que suas experiências e percepções fossem documentadas de forma voluntária e confidencial.

Figura 13 – Registro das experiências dos participantes



Fonte: os autores (2022)

9 Resultados

Um total de 28 pessoas participaram do estudo. A análise dos dados coletados ao longo dos experimentos revelou insights relevantes sobre a interação entre estímulos sinestésicos e respostas emocionais dos participantes. Utilizando sensores de batimento cardíaco e feedback sensorial, foram observadas várias tendências que destacam a eficácia do design sinestésico na gestão da ansiedade.

Os participantes expostos a estímulos sinestésicos positivos, como sons relaxantes e cores suaves, demonstraram uma redução significativa nos níveis de ansiedade, evidenciada pela diminuição da frequência cardíaca. Essa descoberta está alinhada com estudos que indicam que a integração de múltiplos sentidos pode criar ambientes mais calmantes e reduzir a ansiedade (Shams & Seitz, 2008).

Além disso, o estudo mostrou que os participantes desenvolveram maior empatia em relação a indivíduos com transtornos de ansiedade ao serem expostos a estímulos sensoriais contrastantes, sugerindo que tais abordagens podem ser eficazes em contextos terapêuticos (Batson et al., 1997). A combinação de estímulos visuais e auditivos também ajudou os participantes a desenvolverem técnicas de autorregulação emocional, resultando em uma gestão mais eficaz dos sintomas de ansiedade (Thayer *et al.*, 2009).

Os testes com áudio binaural intensificaram a experiência sensorial dos participantes, promovendo maior imersão e respostas emocionais mais profundas em comparação com o áudio normal (Weiland *et al.*, 2019). A monitorização detalhada dos níveis de estresse e ansiedade, realizada através de sensores de batimento cardíaco, validou a eficácia dos métodos utilizados, possibilitando intervenções mais personalizadas e ajustadas às necessidades individuais (Shaffer & Ginsberg, 2017).

Conclui-se que o design sinestésico é uma ferramenta promissora na gestão da ansiedade, capaz de criar experiências multissensoriais que não apenas reduzem a ansiedade, mas também promovem empatia e autorregulação emocional. Essas descobertas abrem novas possibilidades para o desenvolvimento de intervenções terapêuticas personalizadas, integrando design e tecnologia para melhorar o bem-estar emocional dos indivíduos.

10 Contribuições e desdobramentos

O estudo do design sinestésico, aliado às tecnologias sensoriais, expande as fronteiras do design, trazendo valiosas contribuições para a pesquisa e o desenvolvimento de projetos inovadores. O design sinestésico busca criar ambientes multissensoriais que tranquilizem e reconfortem pessoas ansiosas, utilizando elementos como luzes suaves, cores relaxantes e texturas calmantes. Além disso, a tecnologia sensorial, incluindo o biofeedback tátil, destaca-se como uma ferramenta eficaz no gerenciamento da ansiedade e na promoção do bem-estar emocional (Ren & Liu, 2023).

A compreensão aprofundada das interações entre o ambiente, as emoções e as respostas sensoriais oferecem insights valiosos para a criação de espaços e produtos que não apenas atendam às necessidades funcionais, mas também promovam o conforto emocional e a saúde mental. O desenvolvimento de interfaces sensoriais, como os dispositivos que combinam feedback visual, auditivo e tátil, permite aos usuários uma imersão mais completa e um envolvimento emocional mais profundo com os produtos e ambientes (Merter, 2017).

O uso de sinestesia no design de interação é particularmente relevante, pois permite a criação de experiências que envolvem múltiplos sentidos simultaneamente, potencializando o impacto emocional e cognitivo das interações. A integração de estímulos multissensoriais pode melhorar significativamente a percepção do usuário e a satisfação com o produto ou ambiente, promovendo uma experiência mais rica e envolvente (Lee, 2023).

Esses métodos inovadores têm o potencial de transformar não apenas a maneira como projetamos e interagimos com o ambiente ao nosso redor, mas também como nos relacionamos com nossas próprias emoções e experiências sensoriais. A abordagem sinestésica permite uma exploração mais profunda das conexões entre diferentes modalidades sensoriais, oferecendo novas oportunidades para o design centrado no usuário e a criação de experiências que promovem o bem-estar e a saúde emocional (Heibeck *et al.*, 2014).

Portanto, o design emocional e sinestésico não só contribui para o desenvolvimento de tecnologias sensoriais avançadas, mas também abre caminho para a criação de ambientes que atendem às necessidades emocionais e psicológicas dos usuários, promovendo um maior bem-estar e uma melhor qualidade de vida.

11 Referências

- AMERICAN HEART ASSOCIATION. **Classification of heart rates.** Disponível em: <https://www.heart.org>, 2020.
- ANDRADE, F. R. **Processing audio signals into real-time images for a synesthetic experience,** 2010.
- ANANDH, K. R.; INDIRANI, J. **Efficacy of Arduino-based systems for real-time physiological monitoring.** Journal of Biomedical Research, 2018.
- ANTONOVSKY, A. **Unraveling the Mystery of Health: How People Manage Stress and Stay Well.** Jossey-Bass Publishers, 1987.
- BATSON, C. D. *et al.* **Empathy and attitudes: Can feeling for a member of a stigmatized group improve feelings toward the group?** Journal of Personality and Social Psychology, v. 72, n. 1, p. 105-118, 1997.
- BHALLA, N.; JOLLY, P.; FORMISANO, N.; ESTRELA, P. **Introduction to biosensors.** Essays in Biochemistry, v. 60, p. 1-8, 2016.
- BITTERMAN, N., *et al.* **Development of user-friendly medical interfaces with color-coded heart rate panels.** Journal of Biomedical Engineering, 2010.
- BLUM, C. J., *et al.* **Real-time audio-to-visual translation for enhanced sensory experiences.** Journal of Visual Computing, 2019.
- BURYKIN, A., *et al.* **Enhancing user accessibility through color-coded medical data.** Advances in Human-Computer Interaction, 2015.
- CANNON, W. B. **The James-Lange Theory of Emotions: A Critical Examination and an Alternative Theory.** American Journal of Psychology, 1927.
- CHEN, T.; IBRAHIM, Z. **Multisensory stimulation in immersive environments.** Journal of Sensory Studies, 2023.
- CHIRAKANPHAISARN, N., *et al.* **Heart rate variability (HRV) monitoring using wearable sensors.** Journal of Medical Systems, 2016.
- CONVERTINO, V. A. **Heart rate monitoring and biofeedback.** Journal of Applied Physiology, 1997.
- DESMET, P. **Design for emotion.** Interaction Design Foundation, 2009.
- FERGUS, T.; WU, K. D. **The Intolerance of Uncertainty Scale.** Assessment, 2013.

- FREEMAN, J., *et al.* **Enhancing user experience in virtual reality with biometric feedback.** Journal of Virtual Reality Research, 2017.
- GAO, Q., *et al.* **Customizing control interfaces to enhance user experience.** International Journal of Human-Computer Studies, 2011.
- GEVIRTZ, R. **The promise of heart rate variability biofeedback:** Theory and practice. Applied Psychophysiology and Biofeedback, 2003.
- GIGGINS, O. M., *et al.* **Biofeedback in rehabilitation.** Journal of Rehabilitation Research and Development, 2013.
- GIRÃO, L. **Audiovisual study of sensory spaces.** International Journal of Architectural Research, 2008.
- HAMILTON, N. A.; FINLEY, A. **The role of biofeedback in managing anxiety.** Journal of Psychosomatic Research, 2019.
- HEIBECK, F., *et al.* **Fiction design:** Emotional computation and its potential. Journal of Computer-Mediated Communication, 2014.
- JEONG, D. U., *et al.* **Real-time physiological monitoring using Arduino and wearable sensors.** IEEE Sensors Journal, 2021.
- KENSKI, V. **A educação e as tecnologias:** O novo ritmo da informação. Cortez Editora, 2003.
- KRISHNAN, P., *et al.* **Effectiveness of biofeedback relaxation and audiovisual distraction on dental anxiety.** International Journal of Paediatric Dentistry, 2021.
- LAWSON, C.; FISHER, A. **It's in the sample: the effects of sample size and sample diversity on the breadth of inductive generalization.** Journal of experimental child psychology, 2011.
- LEE, H. **Synesthesia and its applications in interaction design.** Journal of Interactive Media, 2023.
- MERTER, M. **Enhancing creativity through synesthetic design processes.** International Journal of Design, 2017.
- NASHIF, N., *et al.* **Algorithmic advancements in heart rate monitoring.** Journal of Medical Informatics, 2018.
- NORMAN, D. A. **Design Emocional:** Por que adoramos (ou detestamos) os objetos do dia a dia. Rocco, 2008.
- PALINKAS, L. A. **Qualitative and mixed methods in mental health services and implementation research.** Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology, 2014.
- PALINKAS, L. A., *et al.* **Mixed methods designs in implementation research.** Administration and Policy in Mental Health and Mental Health Services Research, 2010.
- PAOLIZZO, G.; JOHNSON, M. **User interaction and feedback in creative programming environments.** Journal of Creative Technologies, 2020.
- PARK, S.; JUNG, E. **Emotional responses in immersive environments:** The role of empathy. Journal of Virtual Reality and Broadcasting, 2020.
- PARISE, C. V.; SPENCE, C. **Audiovisual cross-modal correspondences and sound symbolism:** A study using the implicit association test. Experimental Brain Research, v. 197, n. 1, p. 139-152, 2009.

- QUESNEL, D., *et al.* **Creating immersive scientific practices: Research-based design.** Journal of Immersive Education, 2018.
- QUINTERO, R., *et al.* **Advancements in real-time cardiac monitoring algorithms.** Journal of Medical Devices, 2019.
- REN, X.; LIU, Y. **Synesthetic interaction design and its educational implications.** International Journal of Art & Design Education, 2023.
- REIF, D.; ALHALABI, W. **Virtual reality applications in pain management: A review.** Journal of Pain Research, 2018.
- RHODES, M.; GELMAN, S.; BRICKMAN, D. **Developmental Changes in the Consideration of Sample Diversity in Inductive Reasoning.** Journal of Cognition and Development, 2008.
- ROCKSTROH, B., *et al.* **EEG-based biofeedback in the management of anxiety.** Journal of Clinical Neurophysiology, 2019.
- RUSSELL, P., *et al.* **Enhancing empathy through virtual reality experiences of panic disorder.** Journal of Virtual Reality, 2018.
- SHAMS, L.; SEITZ, A. R. **Benefits of multisensory learning.** Nature Reviews Neuroscience, v. 9, n. 6, p. 410-420, 2008.
- SHAFFER, F.; GINSBERG, J. P. **An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms.** Frontiers in Public Health, v. 5, p. 258, 2017.
- SIEPMANN, M., *et al.* **Enhancing interactivity in experimental settings using Processing.** International Journal of Creative Computing, 2019.
- SINGH, M., *et al.* **Evaluating the accuracy of wireless ECG sensors integrated with smartphones.** Journal of Telemedicine and Telecare, 2021.
- SMITH, T. J.; FREEMAN, J. **Dynamics of user interaction in immersive environments.** Journal of Digital Media, 2021.
- SINKE, C., *et al.* **Multisensory integration and synesthesia: The impact of visual and auditory stimuli.** Consciousness and Cognition, 2014.
- TAYLOR, J., *et al.* **Using virtual reality to recreate synesthetic experiences.** Journal of Virtual Reality Research, 2023.
- THAYER, J. F. *et al.* **The Neurovisceral Integration Model: Differences in Cardiac Reactivity and Recovery Between Young and Older Adults.** Psychophysiology, v. 46, n. 5, p. 907-915, 2009.
- TURBAN, J.; ALMAZAN, A.; REISNER, S.; KEUROGHLAN, A. **The Importance of Non-Probability Samples in Minority Health Research.** Transgender health, 2022.
- WEILAND, T. R. *et al.* **Effects of Binaural Beats on Emotional States and Anxiety Levels.** *Frontiers in Psychology*, v. 10, p. 576, 2019.
- WONG, K. **Real-time heart rate variability monitoring with ECG sensors.** Journal of Medical Instrumentation, 2009.
- WHITELAW, M. **Synesthetic Media and Its Applications in Emotional Design.** Journal of Interactive Arts, 2008.
- ZAFEIRI, E., *et al.* **The contribution of biofeedback brain boy method to the treatment of anxiety**

disorders. *Materia Socio-Medica*, 2019.

ZHAO, X., *et al.* **Heart rate estimation and feedback control in fitness and exercise.** *Journal of Sports Sciences*, 2020.