

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA



Influência Emocional da Cor e do Movimento de um Avatar em Cenas Virtuais

Pedro Maria Portugal e Castro Guilherme

Mestrado em Engenharia Informática

Trabalho de Projeto orientado por:
Professora Doutora Ana Paula Boler Cláudio
Professor Doutor Rui Filipe Nicolau Lima Antunes

Agradecimentos

Quero expressar a minha sincera gratidão a todos aqueles que estiveram ao meu lado durante esta jornada académica desafiadora. Queria agradecer aos meus amigos e familiares pelo apoio incondicional, encorajamento constante e presença motivadora ao longo deste percurso.

Um agradecimento especial é dedicado aos meus pais. Sem o seu apoio e sacrifício pessoal, esta conquista teria sido apenas um sonho. São a razão pela qual estou aqui hoje, com esta tese concluída.

Além disso, gostaria de expressar a minha gratidão aos meus orientadores, Professora Ana Paula Cláudio, Professor Rui Filipe Antunes e Professora Beatriz Carmo, pela sua orientação e apoio. As suas orientações foram fundamentais para a realização deste trabalho e para o meu crescimento académico e pessoal.

Adicionalmente, agradeço à Fundação para a Ciência e Tecnologia pelo apoio financeiro concedido por meio da bolsa do projeto GhostDance (FCT:EXPL/ART-PER/1238/2021).

Com toda a minha gratidão,
Pedro Guilherme

Dedicatória.

Resumo

Neste estudo investiga-se a percepção que os observadores têm acerca das suas próprias emoções quando são expostos a estímulos visuais que exploram a influência de cores e de posturas humanas ilustradas através de um avatar animado. Este estudo concentra-se na associação de oito emoções pré-definidas em diferentes cenários visuais.

Através de uma metodologia detalhada, os utilizadores foram solicitados a:

- Associar uma cor a cada uma das oito emoções pré-definidas para verificar um modelo em estudo;
- Associar emoções específicas a cenários onde cores e animações representam a mesma emoção;
- Associar emoções específicas a cenários onde cores e animações representam emoções opostas;
- Associar emoções específicas a cenários onde a cor representa uma emoção enquanto um avatar está em repouso (*idle*).

Neste estudo foi utilizada uma amostra de 39 utilizadores. Com esta amostra podemos retirar conclusões valiosas, no entanto, uma amostra maior forneceria melhores resultados para uma compreensão mais abrangente das respostas dos utilizadores.

Os resultados sugerem a necessidade de considerar cuidadosamente os estímulos visuais ao projetar interfaces que visam evocar respostas emocionais específicas nos utilizadores.

Este trabalho foi realizado no contexto do projeto GhostDance, financiado pela FCT (EXPL/ART-PER/1238/2021).

Palavras-chave: Cena Virtual, Cor, Avatar Animado, Emoções, Plutchik

Abstract

This study investigates the perception that observers have about their own emotions when they are exposed to visual stimuli that explore the influence of colors and human postures illustrated through an animated avatar. This study focuses on the association of eight predefined emotions in different visual scenarios.

Through a detailed methodology, users were asked to:

- Associate a color with each of the eight pre-defined emotions to verify a model under study;
- Associate specific emotions with scenarios where colors and animations represent the same emotion;
- Associate specific emotions with scenarios where colors and animations represent opposite emotions;
- Associate specific emotions with scenarios where the color represents an emotion while an avatar is at idle.

In this study, a sample of 39 users was used. With this sample we can draw valuable conclusions, however, a larger sample would provide better results for a more comprehensive understanding of user responses.

The results suggest the need to carefully consider visual stimuli when designing interfaces that aim to evoke specific emotional responses in users.

This work was made in the context of the GhostDance project, funded by FCT (EXPL/ART-PER/1238/2021).

Keywords: Virtual Scene, Color, Animated Avatar, Emotions, Plutchik

Conteúdo

Lista de Figuras	xiv
Lista de Tabelas	xv
1 Introdução	1
1.1 Motivação	1
1.2 Objectivos	1
1.3 Contribuições	2
1.4 Estrutura do documento	2
2 Conceitos Base e Trabalho relacionado	5
2.1 Conceitos Base	5
2.2 Trabalho Relacionado	6
2.2.1 Aplicações com captura de movimento e efeitos visuais	6
2.2.2 Expressão emocional corporal	8
2.2.3 Cor e emoção	8
2.2.4 Roda de Plutchik	9
2.2.5 Frequência luminosa e cor	10
3 Conceção das cenas virtuais	13
3.1 Ferramentas	13
3.2 Conceção das cenas virtuais	17
3.3 Metodologia	18
4 Desenvolvimento das cenas virtuais	19
4.1 Etapa 1- captura de movimento em tempo real e avatar	19
4.2 Etapa 2- efeitos Visuais	20
4.3 Etapa 3- estímulos visuais e a sua interpretação emocional	24
4.4 Etapa 4- estímulos e a sua interpretação emocional de acordo com o modelo de Plutchik	25
4.4.1 Estudo da cor do ambiente	26
4.4.2 Estudo da influência do movimento	26

4.4.3	Estudo da cor e movimento	28
4.4.4	Estudo com todos os elementos combinados	28
4.4.5	Estudo da freqüência luminosa	28
4.4.6	Estudo com realidade virtual	29
4.4.7	Estudo do impacto do som	29
4.5	Etapa 5- estímulos visuais e a sua interpretação emocional de acordo as oito emoções primárias do modelo de Plutchik	29
4.5.1	Estudo da presença do avatar	31
5	Estudo das emoções desencadeadas pela visualização das cenas virtuais	35
5.1	Testes realizados	35
5.2	Caracterização dos participantes	35
5.3	Primeiro estudo (Comparação com o Modelo de Plutchik)	36
5.3.1	Raiva	37
5.3.2	Antecipação	38
5.3.3	Alegria	39
5.3.4	Confiança	40
5.3.5	Medo	41
5.3.6	Surpresa	42
5.3.7	Tristeza	43
5.3.8	Nojo	44
5.3.9	Conclusões	45
5.4	Segundo estudo (Influência do movimento na interpretação da emoção)	47
5.4.1	Cenários onde a animação e a cor representam a mesma emoção	48
5.4.2	Cenários onde a animação e a cor representam emoções opostas	51
5.4.3	Cenários onde a a cor representa uma emoção e o avatar está presente em <i>idle</i>	53
5.4.4	Conclusões	55
6	Conclusões e trabalho futuro	57
6.1	Conclusões	57
6.2	Trabalho futuro	58
	Bibliografia	63

Lista de Figuras

2.1	Projeto “Kinect v1 Hand Game Starter Kit” [1]	6
2.2	Projeto “Smrvfx” [2]	7
2.3	Projeto “Kinect and KinectExtras with MS-SDK Playmaker Actions” [3]	8
2.4	Modelo de Plutchik (Fonte: researchgate Plutchik wheel of emotions [4])	10
3.1	Kinect v1 (Fonte: Kinect for Xbox 360 - SDU[5])	14
3.2	HTC Vive <i>headset</i> , emissores laser infravermelho e comandos.(Fonte:Virtual Reality (VR) - Explained Simply[6])	16
4.1	Pontos recolhidos pela Kinect v1 e o avatar a replicar essa posição	20
4.2	Two Bone IK Constraint	21
4.3	Interface geral do Particle System	22
4.4	Interface geral do Visual Effect Graph no Unity	23
4.5	Interface geral do Shader Graph no Unity	24
4.6	Cena exemplo com um protótipo da estrutura do palco com um avatar	25
4.7	Exemplo de uma das cenas com valores já pré-definidos.	27
4.8	Exemplo de uma das cenas personalizáveis pelo utilizador.	27
4.9	Cena combinada e a sua interface manipulável	28
4.10	Anel do modelo de Plutchik em estudo	30
4.11	Primeira cena do estudo realizado.	31
4.12	Segunda cena do estudo realizado.	32
5.1	Tons associados à emoção Raiva com intervalo de confiança de 95%	37
5.2	Tons associados à emoção Antecipação com intervalo de confiança de 95%	38
5.3	Tons associados à emoção Alegria com intervalo de confiança de 95%	39
5.4	Tons associados à emoção Confiança com intervalo de confiança de 95%	40
5.5	Tons associados à emoção Medo com intervalo de confiança de 95%	42
5.6	Tons associados à emoção Surpresa com intervalo de confiança de 95%	43
5.7	Tons associados à emoção Tristeza com intervalo de confiança de 95%	44
5.8	Tons associados à emoção Nojo com intervalo de confiança de 95%	45
5.9	Roda das cores das modas dos valores obtidos	46
5.10	Roda das cores das médias dos valores obtidos	46
5.11	Roda das cores das matizes médias dos valores obtidos	47

Lista de Tabelas

5.1	Género e idade da amostra	36
5.2	Resultados dos componentes RGB das Emoções	36
5.3	Resultados das cores das Emoções (RGB e HSV)	37
5.4	Resultados onde a animação e a cor representam a mesma emoção	50
5.5	Resultados onde a animação e a cor representam emoções opostas	53
5.6	Resultados onde apenas a cor representa a emoção	55

Capítulo 1

Introdução

O presente trabalho insere-se no projeto científico Ghost Dance (FCT:EXPL/ART-PER/1238/2021). O Ghost Dance é um projeto exploratório que tem como grande objetivo conceber uma metodologia para analisar o movimento da dança em interação com a realidade virtual. Em particular pretende compreender-se a relação que um bailarino real sente com o seu parceiro virtual numa performance de dança contemporânea. O nosso trabalho contribui para o projeto Ghost Dance estudando a influência das cores e das animações de um avatar no estado emocional percebido pelo próprio observador. Os resultados podem contribuir, por exemplo, para a construção dos ambientes virtuais das performances de dança.

1.1 Motivação

A motivação deste projeto é compreender como os elementos visuais afetam a interpretação emocional, dentro de ambientes virtuais.

O estudo da emoção é um estudo complexo. Uma das vertentes deste estudo é a influência da cor no desencadeamento de emoções numa pessoa. Cada vez mais têm sido utilizados ambientes virtuais para a pesquisa sobre cores, visto que estes ambientes facilitam a criação e edição de cenários 2D e 3D, permitindo rapidamente fazer variar as cores e os elementos neles contidos. Este estudo explora dois conceitos. Primeiro faz a relação entre cores e emoções, tendo como referência o modelo de Plutchik [7]. Também investiga a influência das cores juntamente com as posturas humanas, representadas por meio de animações de avatares, na interpretação emocional dos utilizadores.

1.2 Objectivos

O objetivo principal desta investigação é analisar a associação entre oito emoções pré-definidas, retiradas do modelo de Plutchik [7], a estímulos visuais distintos. Para isso:

- Faz-se a verificação do modelo de Plutchik em cenários virtuais,
- Testam-se cenários onde cores e animações representam a mesma emoção,

- Testam-se cenários onde cores e animações representam emoções opostas,
- Testam-se cenários onde a cor representa uma emoção enquanto um avatar permanece em repouso (*idle*).

Através destes 3 últimos cenários, pretende-se compreender como esses estímulos são interpretados e associados pelas pessoas, verificando se estes estímulos tem o mesmo peso ou se um tem maior influência que outro.

1.3 Contribuições

O objetivo principal do Ghost Dance é conceber uma metodologia para analisar o movimento da dança em interação com a realidade virtual.

Tendo este objetivo em consideração, várias etapas exploratórias foram feitas. Todas estão descritas neste documento, mas há algumas experiências que destacamos, nomeadamente com um sistema de captura de movimento de baixo custo (Kinect). As experiências realizadas, não produziram resultados com a qualidade necessária, o que permitiu descartar no projeto esta solução de baixo custo.

As etapas em que fomos trabalhando levaram-nos a convergir para um objetivo de estudo mais concreto: estudar o modo como diferentes cores e animações em cenários virtuais influenciam o estado emocional dos observadores. Foi criado um cenário virtual que permite testar cor e movimento de forma combinada e a cor de forma isolada, onde os observadores fazem, numa interface integrada no cenário, o auto-reporte das emoções sentidas.

Foram realizados 25 testes a cada um dos 39 utilizadores voluntários que usaram o cenário. Os resultados destes testes são importantes para os cenários em que o bailarino virtual faz a sua performance de dança, permitindo melhorar a experiência do bailarino real e do próprio público que assiste à performance. Pensamos que os mesmos resultados podem ser úteis noutros contextos distintos, como por exemplo, no dos videojogos.

1.4 Estrutura do documento

Este documento está organizado da seguinte forma:

- Capítulo 2- Conceitos base e trabalho relacionado.

Neste capítulo apresentam-se os conceitos importantes do contexto do trabalho realizado e resumem-se alguns trabalhos científicos relacionados.

- Capítulo 3 – Conceção das cenas virtuais.

Neste capítulo são discutidas as ferramentas estudadas para o desenvolvimento deste projeto, é feita uma breve descrição das várias etapas desenvolvidas deste projeto e por fim é apresentada a metodologia.

- Capítulo 4 – Desenvolvimento das cenas virtuais.

Neste capítulo é feita uma descrição detalhada das várias etapas realizadas para obter as cenas virtuais necessárias para os testes com os utilizadores

- Capítulo 5 – Estudo com utilizadores: emoções desencadeadas pela visualização das cenas virtuais.

Neste capítulo são descritos os estudos realizados com utilizadores e são analisados os resultados obtidos.

- Capítulo 6 – Conclusão e trabalho futuro.

Neste capítulo apresentam-se as principais conclusões deste trabalho e algumas ideias que poderão ser explorados no futuro próximo.

Capítulo 2

Conceitos Base e Trabalho relacionado

Neste capítulo apresentam-se os conceitos importantes do contexto do trabalho realizado e são resumidos alguns trabalhos relacionados. Como referido anteriormente, este trabalho insere-se no projeto exploratório Ghost Dance e começou a ser desenvolvido precisamente no seu início. Assim, foram sendo feitas algumas experiências e estudos que permitiram uma clarificação dos objetivos mais concretos a alcançar neste trabalho.

2.1 Conceitos Base

Nesta secção é feita uma introdução de conceitos que serão mencionados ao longo da tese, nomeadamente:

- **Realidade Virtual.** A realidade virtual (RV) é uma interface que simula um mundo virtual, dando ao utilizador a sensação de imersão através da interação de objetos e da movimentação nessa simulação [8]. Esta sensação é criada através de vários estímulos tais como sons, imagens, mas também pela envolvimento e responsividade do mundo virtual às ações do utilizador, entre outros.
- **Captura de movimento (*Motion Capture*).** A captura de movimento é o processo de gravação do movimento de humanos, animais ou objetos. Convém enfatizar que é o movimento que é capturado e não a textura ou a volumetria [9].
- **Animação.** A animação de personagens virtuais é o processo de as dotar de movimento, criando a ilusão de vida. Frequentemente, os dados utilizados para proceder à animação são provenientes de uma fase prévia de captura de movimento.
- **Cinemática Inversa (*Inverse Kinematics*).** A cinemática inversa é utilizada para detetar as trajetórias dos ângulos das articulações, tendo em conta os valores capturados pelos sensores que permitem capturar os dados sobre o movimento do personagem real [10]. Recorre-se também à cinemática inversa, juntamente com a captura de movimentos, para a animação

de personagens. A cinemática inversa, como outras técnicas usadas na animação por computador, é proveniente da área da robótica.

2.2 Trabalho Relacionado

Nesta secção referem-se alguns trabalhos relacionados que serviram de base e de inspiração para o trabalho desenvolvido nesta tese.

2.2.1 Aplicações com captura de movimento e efeitos visuais

O projeto denominado “Kinect v1 Hand Game Starter Kit”, figura 2.1, é um jogo desenvolvido em Unity 3D, disponível na Unity Asset Store que lida com a captura de movimento em tempo real. Esta captura é feita a partir de uma Kinect v1 [1]. Este projeto Unity foi testado para verificar a possibilidade de adaptação para o nosso trabalho. Após a aquisição deste projeto Unity, foi feita a correção de vários erros de incompatibilidade, uma vez que ficaram disponíveis novas versões do Unity. Fez-se também a limpeza do jogo mantendo apenas os pontos de captura da Kinect v1.



Figura 2.1: Projeto “Kinect v1 Hand Game Starter Kit” [1]

Durante a fase inicial do nosso trabalho, foi decidido que a visualização fosse feita com recurso a efeitos visuais em vez de utilizar apenas um avatar simples. Esta decisão permitiu criar com os efeitos uma cena mais artística. E, tal como outros artigos referenciam noutras áreas, como jogos, acreditamos que estes efeitos possam auxiliar na criação de um ambiente mais imersivo se desencadearem no utilizador sentimentos ou emoções [11]. O projeto disponível no GitHub chamado “Smrvfx”, figura 2.2, serviu-nos de inspiração e deu a conhecer a ferramenta Visual Effects Graph (VFX) [2]. Ao pesquisar mais aprofundadamente o VFX, foram descobertas as outras ferramentas que também são utilizadas neste projeto, isto é, o Particle System e o Shader Graph. Existem inúmeros trabalhos e tutoriais que abordam estas ferramentas e que explicam o seu funcionamento.

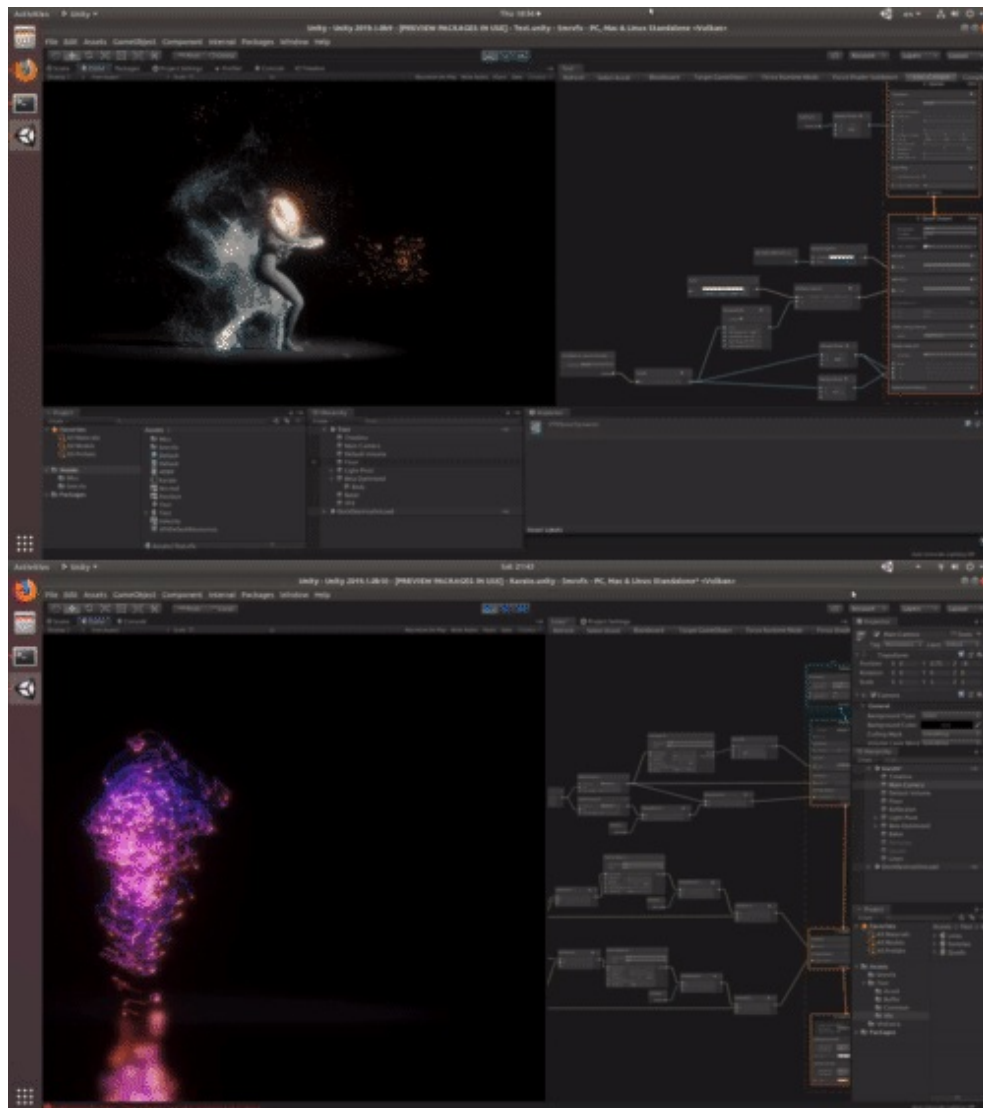


Figura 2.2: Projeto “Smrvfx” [2]

No sentido de procurar inspiração para os efeitos responsivos, foram procuradas algumas hipóteses para a sua realização. Assim, foi encontrado um projeto também disponível na "Unity Asset Store" denominado "Kinect and KinectExtras with MS-SDK Playmaker Actions", figura 2.3 [3]. Neste é possível verificar que existe a manipulação de um objeto, um cubo, tendo em conta os movimentos realizados pelo utilizador, podendo mudar, por exemplo, a posição, a cor e a rotação.

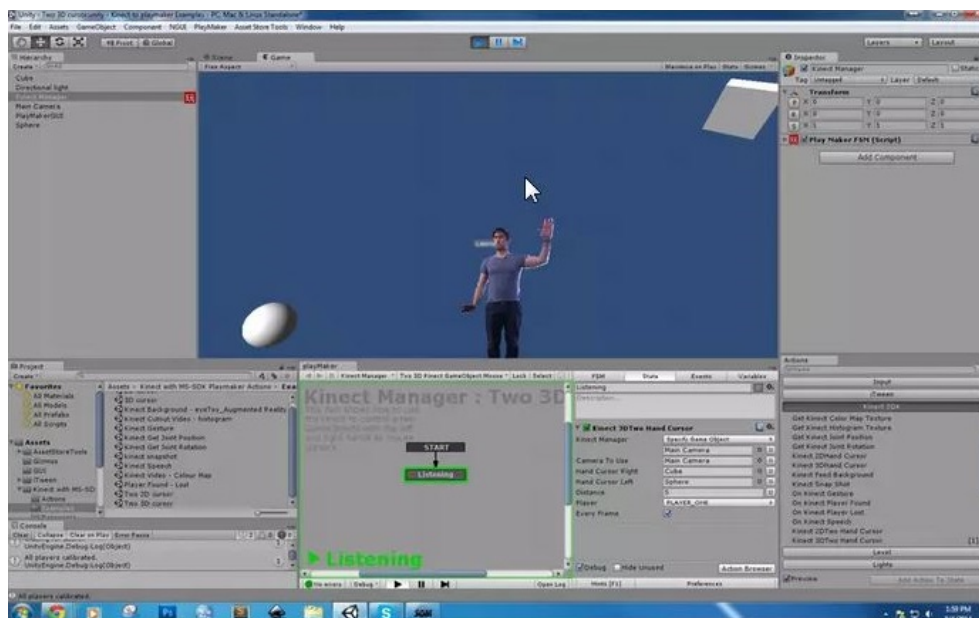


Figura 2.3: Projeto "Kinect and KinectExtras with MS-SDK Playmaker Actions" [3]

2.2.2 Expressão emocional corporal

Sabemos que a partir das expressões faciais se pode identificar emoções específicas. Contudo, neste projeto é utilizado um avatar simples sem expressão e por esse mesmo motivo, a expressão emocional é apenas transmitida através dos movimentos ou postura corporal [12].

Provou-se que os movimentos corporais conseguem transmitir o estado emocional de uma pessoa, devido a vários movimentos que ocorrem sistematicamente. As emoções provocam um estímulo na postura impulsionando uma expressão corporal [12].

2.2.3 Cor e emoção

A pesquisa sobre a influência das cores nas emoções e no humor é desafiadora porque nem todos os estudos analisados convergem nas suas conclusões.

Acredita-se que a cor num ambiente visual afeta a emoção e o conforto de uma pessoa [13]. Cada vez mais têm sido utilizados ambientes virtuais 2D e 3D não imersivos para a pesquisa de cores em interiores, visto que estes ambientes facilitam a manipulação e a simulação de cores reais. No entanto, estas ferramentas frequentemente carecem de orientação espacial e perceção de profundidade. Com estas limitações, os resultados dos testes podem ser afetados uma vez que os

utilizadores não têm uma percepção do ambiente em seu redor. Ambientes imersivos tem inúmeras vantagens na visualização de cores interiores em comparação com ambientes não imersivos. Estes ambientes imersivos dão a possibilidade aos utilizadores vivenciarem e interagirem em espaços virtuais em diversas experiências e em tempo real.

A cor é frequentemente usada para descrever emoções, por exemplo, o verde para inveja, o vermelho para raiva e o azul para depressão ou cores quentes como estimulantes e excitantes, enquanto cores frias são consideradas calmantes [13].

Em ambientes virtuais, existe uma grande complexidade na iluminação das cenas devido à influência da luz na aparência dos objetos. Muitos fatores influenciam neste processo, tais como o ângulo de incidência da luz e a textura e a cor da superfície [14].

2.2.4 Roda de Plutchik

A roda de emoções de Plutchik é um conceito sugerido por Robert Plutchik, na década de 1980, que faz conexões entre a ideia de um círculo de emoções e uma roda de cores [7]. Robert Plutchik associa emoção como “um termo único e geral para um grupo de fenómenos.” Na figura 2.4 podemos ver o modelo Plutchik, no qual o círculo é dividido em oito setores que representam as 8 emoções primárias.

O modelo de Plutchik descreve as relações entre os conceitos de emoção, que são semelhantes às cores numa roda de cores. Tal como existem cores primárias e outras cores que são formadas a partir de combinações das cores primárias, esta ideia também pode ser aplicada nas emoções. Neste modelo, existem emoções sem cor e representam uma emoção que é uma mistura das 2 emoções primárias. Como podemos ver na imagem 2.4, o otimismo, por exemplo, é uma combinação de antecipação e alegria.

Organizadas como quatro pares de opostos, metade dessas emoções são emoções positivas e a outra metade são emoções negativas. As emoções positivas e as suas respetivas emoções opostas são [7]:

- Alegria - Tristeza;
- Surpresa - Antecipação;
- Confiança - Nojo;
- Raiva - Medo.

As emoções semelhantes estão próximas e as que lhe são opostas estão separadas por 180 graus.

Robert Plutchik ainda estendeu o modelo para uma terceira dimensão, a dimensão vertical. Cada emoção primária é dividida em subgrupos, dividindo-se em emoções secundárias e terciárias

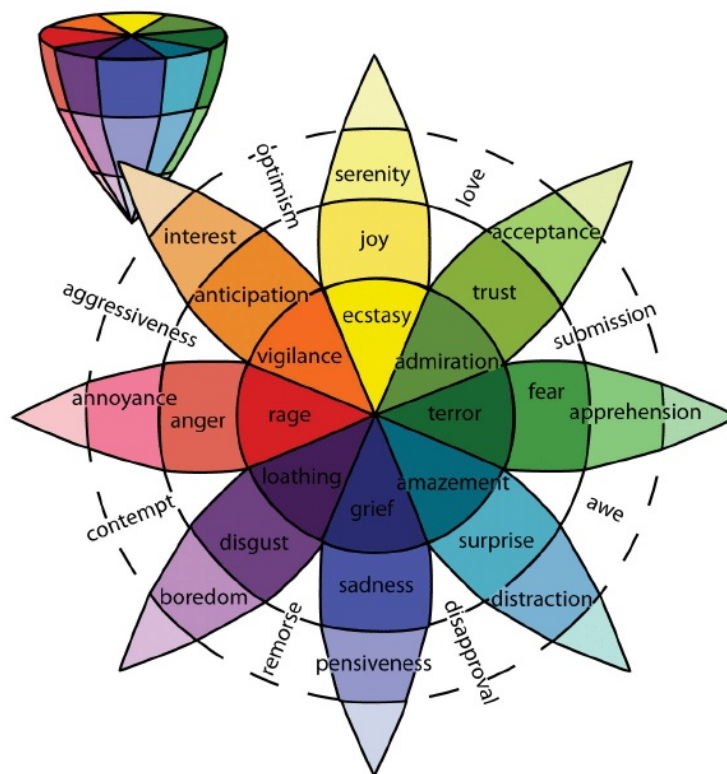


Figura 2.4: Modelo de Plutchik (Fonte: researchgate Plutchik wheel of emotions [4])

estendendo-se a um total de 24 emoções. A dimensão vertical do cone representa intensidade, uma emoção é forte quando está no centro da roda e mais fraca quando está localizada fora da roda [15][16][17].

2.2.5 Frequência luminosa e cor

No artigo "Artificial emotion expression for a robot by dynamic color change", os autores comentam que, geralmente, a expressão facial é usada num robô para expressar emoções, já que, na comunicação entre humanos, a emoção é transmitida por expressões faciais [18][19][15]. No entanto, como em robôs que imitam rostos humanos há um aumento no custo e na dificuldade de design, os autores propõem um novo método de expressar emoções para um robô que não possui características físicas antropomórficas, alterando dinamicamente a luminosidade de sua cor. No entanto, muitas vezes as cores podem estar relacionadas a mais de uma emoção específica [20]. Assim, representar a emoção pela cor é limitado porque uma emoção nem sempre está associada a uma cor específica. Para evitar isso, os autores usam uma mudança temporal da luz, além da cor, para representar as várias emoções. Por exemplo, emoções fortes implicam uma mudança mais rápida da frequência luminosa [15]. Os resultados deste estudo eram para ser testados no nosso trabalho, contudo, como será referido no capítulo 4, esse teste foi excluído.

Neste capítulo apresentamos a definição de alguns conceitos utilizados no trabalho e resumimos os projetos que foram testados e os artigos que foram investigados. Esta foi uma fase fundamental para decidir que o foco seguinte do trabalho seria verificar a percepção emocional a estímulos visuais, investigando a influência das cores e das posturas humanas representadas por meio de animações de um avatar simples.

Capítulo 3

Conceção das cenas virtuais

Neste capítulo são descritas as ferramentas utilizadas, é feito um resumo das etapas realizadas neste projeto e é descrita a metodologia de trabalho adotada.

3.1 Ferramentas

Nesta secção são descritas as várias ferramentas exploradas durante a realização do projeto, tanto ferramentas efetivamente utilizadas, como outras que foram testadas, mas não adotadas.

Unity. O Unity é a ferramenta utilizada para criar as cenas virtuais deste estudo. Unity é uma ferramenta da Unity Technologies para desenvolvimento de jogos. Esta ferramenta permite criar jogos 2D e 3D. Este software foi seleccionado visto que é gratuito, com uma grande comunidade ativa, oferecendo compatibilidade com a Kinect v1 e várias opções para a criação de efeitos visuais, tais como VFX, Shader Graph e Particle System.

Vamos fazer uma breve descrição das ferramentas do Unity mais exploradas neste projeto. Na secção 4.2, será feita uma descrição mais aprofundada. Estas ferramentas são:

- **Particle System.** A ferramenta Particle System, tal como o nome indica, permite implementar um sistema de partículas. Esta ferramenta utiliza o CPU para efectuar os cálculos em tempo real da posição das partículas [21][22]. Cada partícula é uma imagem ou malha que representa um elemento individual num sistema. O sistema formado pelo conjunto de partículas é que origina o efeito completo [23].
- **O Visual Effects Graph (VFX).** O VFX é também um sistema de partículas que permite criar efeitos visuais. No entanto, ao contrário da ferramenta anterior, o VFX utiliza o GPU e não o CPU, ou seja, as operações são executadas na placa de vídeo. Isto deve-se ao facto de a placa de vídeo ser mais eficiente na execução de várias pequenas simulações [22].
- **Shader Graph.** O Shader Graph é uma ferramenta que facilita a criação de efeitos visuais na superfície de um objeto. É especialmente útil para utilizadores que não costumam traba-

lhar com código. Anteriormente, estes efeitos só podiam ser criados por código [24].

Kinect v1. A Kinect v1 (figura 3.1) inclui uma câmara de profundidade para o rastreamento de movimentos, de baixo custo [25]. Esta câmara utiliza dois sensores, um para imagens RGB e outro, juntamente com um laser, para a deteção de profundidade e permite ajustar remotamente a sua inclinação. A Kinect v1 foi escolhida uma vez que é um sistema de grande fiabilidade de baixo custo e existe *know how* na equipa. Foi possível utilizá-la uma vez que, apesar desta ferramenta já estar descontinuada, a universidade tinha disponível Kinects v1 para o estudo.



Figura 3.1: Kinect v1 (Fonte: Kinect for Xbox 360 - SDU[5])

Move.ai. Outra ferramenta estudada foi o Move.ai[26]. Move.ai é uma aplicação que utiliza um *software* de inteligência artificial para extrair movimento com alto rigor de qualquer vídeo, câmara ou dispositivo móvel. Esta aplicação permite que qualquer utilizador aproveite a inteligência artificial para digitalizar movimentos capturados do mundo físico. Através de câmaras comuns, essa tecnologia, que é rapidamente configurada, permite capturar até no máximo três pessoas, qualquer movimento para animação, independente do ambiente. É a inteligência artificial que permite a captura com alto rigor de qualquer movimento sem a necessidade de fatos próprios ou marcadores. A tecnologia do Move.ai foi comparada com outros sistemas óticos e oferece resultados de qualidade cinematográfica por uma fração do custo dos estúdios de captura de movimento tradicionais. A aplicação Move.ai facilita trabalhos complexos de captura de movimento em passos simples, sendo rápido para configurar e iniciar o processamento de dados. No entanto, embora o aplicativo torne a captura de movimento em dispositivos móveis simples e fácil de implementar em qualquer lugar usando qualquer câmara, ele foi projetado para funcionar em iPhones e devem ser utilizados entre dois e seis dispositivos - quanto mais dispositivos, maior a qualidade dos dados de movimento criados.

Plask. A ferramenta Plask também foi estudado para a captura de movimentos[27]. Plask é um navegador com várias funcionalidades, no entanto, vamos focar-nos na capacidade de realizar

captura de movimento. Esta ferramenta permite capturar, editar, e reproduzir animações, em poucos minutos, apenas a partir do movimento gravado de um vídeo, sem recorrer a fatos com marcas. Esta ferramenta suporta formatos de arquivo tais como GLB, FBX, BVH, entre outros.

No entanto, para o Plask criar animações com qualidade, existem algumas práticas recomendadas que devem ser seguidas para criar o efeito de animação desejado, tais como:

- Atualmente, apenas reconhece a figura humana, em que o corpo inteiro da pessoa deve estar visível e para melhorar a precisão do movimento, a pessoa tem de se destacar do fundo;
- O vídeo só pode apenas ser mp4, webm, mov ou avi e é recomendado que tenha pelo menos a resolução de 720p, e pelo menos 30 FPS, no máximo 500 megabytes e uma duração entre cinco segundos e três minutos;
- Caso seja um vídeo com multi pessoas, tem de ser menos do que 10 pessoas, não sobrepostas, com um máximo de um minuto de duração e de 100 *frames*.

O utilizador pode gravar o vídeo no seu próprio dispositivo e importar para o Plask ou pode gravar o movimento diretamente da plataforma (apenas está disponível em computadores desktop e laptop).

VICON. O VICON é um sistema de captura de movimento que requer o uso de marcadores no corpo da pessoa cujos movimentos são registados[28]. Os marcadores são constituídos por uma esfera com superfície refletora. O sistema é constituído pelo menos por seis câmaras que vão rastrear os marcadores e reconstruir a posição deles num espaço tridimensional. O marcador deve estar visível para pelo menos três das câmaras. Quando um marcador aparece visível para as câmaras, ele será visto como pixéis iluminados em contraste com o fundo na visão da câmara e, o sistema VICON, vincula as posições corretas do mesmo, para formar trajetórias contínuas, representando o caminho que o marcador percorreu durante a captura. O conjunto dos caminhos dos vários marcadores, irá permitir visualizar como a pessoa se moveu ao longo do tempo de captura.

GNU Octave. O GNU Octave é um software gratuito com uma linguagem de alto nível, destinada principalmente a cálculos numéricos[29][30]. Fornece uma interface de linha de comando conveniente para resolver numericamente problemas lineares e não lineares e para realizar outros cálculos numéricos.

HTC VIVE. Também se recorreu a realidade virtual (VR) para explorar a possibilidade de testar as cenas virtuais com um *head mounted display*, em particular uns óculos HTC VIVE[31]. As configurações de RV permitem que os utilizadores experimentem ambientes virtuais que podem ser controlados e manipulados para testar hipóteses e cenários que, de outra forma, dificilmente serão testados no mundo real. Normalmente, o equipamento de configuração de VR consiste num

head mounted display (HMD) e um sistema de rastreamento de posição e orientação. O HTC Vive consiste num *headset* com alta resolução, duas unidades emissoras laser infravermelho e dois comandos. A figura 3.2 mostra todos os componentes do HTC Vive. A primeira versão do HTC Vive possui alta precisão e baixa latência. “O *headset* cobre um campo de visão nominal de cerca de 110°”, cerca de 90° para cada olho, “através de dois monitores de 1080 por 1200 pixels atualizados a 90 Hz”[31]. Oferece um sistema de rastreamento em escala de sala que permite caminhar por um espaço de até 4 por 4 m. O rastreador do Vive usa um princípio de dentro para fora, o que significa que nenhuma câmara externa é necessária, pois a tecnologia de rastreamento do Vive usa dois emissores de laser, conhecidos como Faróis, onde cada um “envia alternadamente varrimentos de laser infravermelho horizontal e vertical abrangendo 120° em cada direção”[31]. O *headset* e os comandos do HTC Vive contêm fotodiodos que indicam quando são atingidos pelo laser, o que permite saber a posição e orientação de cada um deles através da diferença de tempo com que os vários fotodiodos são atingidos pelo laser.



Figura 3.2: HTC Vive *headset*, emissores laser infravermelho e comandos.(Fonte:Virtual Reality (VR) - Explained Simply[6])

emissores de laser infravermelho

Laban Motion Analysis (LMA). Por fim, como este projeto é uma parte de desenvolvimento do projeto Ghost Dance é também necessário introduzir o *Laban Motion Analysis*. LMA é um sistema para descrever a forma e a execução dos movimentos do corpo humano, criado por Rudolf Laban e, posteriormente, desenvolvido por Irmgard Bartenieff e outros. O sistema descreve a forma e a execução dos movimentos do corpo humano e é frequentemente utilizado para a análise de movimentos de dança [32].

3.2 Conceção das cenas virtuais

Nesta secção resumimos as etapas que foram sendo realizadas ao longo deste trabalho, que, como já referimos na introdução, se enquadra no projeto exploratório Ghost Dance. Tratando-se este de um projeto exploratório, definiu-se uma etapa de partida que foi seguida de mais quatro outras etapas.

Na **primeira etapa** foi decidido realizar a captura de movimentos usando um sistema de baixo custo e que tivéssemos facilidade em usar (Kinect v1) com o objetivo de capturar uma prestação de dança de um bailarino profissional.

O projeto Ghost Dance é também um projeto artístico, assim, numa **segunda etapa**, foram estudadas e desenvolvidas alguns efeitos visuais para acrescentar à prestação de dança. O intuito é aumentar a atenção do utilizador que assiste à performance e torná-la mais artística. Numa **terceira etapa**, decidiu-se fazer um estudo com utilizadores sobre a influência emocional das cores e dos movimentos do corpo de um avatar. Para fazer este estudo criaram-se cenas virtuais. Este é um estudo de interesse para o projeto Ghost Dance uma vez que tem o intuito de realizar uma performance virtual, e alterar dinamicamente o ambiente de acordo com a prestação do bailarino.

Como referido, estava prevista a possibilidade de realizar captura de movimentos com uma Kinect, contudo, a partir da terceira etapa, esta ferramenta deixou de ser utilizada. Na terceira etapa foi criado um palco virtual onde se colocou um avatar, sendo possível manipular interactivamente a iluminação do cenário, a cor de fundo e a animação do avatar. Posteriormente, verificou-se que a existência do palco poderia influenciar os resultados dos testes, uma vez que era uma variável externa às que se pretendia testar. Assim, na **quarta etapa**, foram minimizadas as variáveis externas com o objetivo de centrar a atenção do utilizador nas variáveis em estudo, isto é, a cor, a luz, e o avatar. Nesta fase foram aplicados valores pré-definidos associados a 24 emoções, correspondentes às emoções da roda de Plutchik. Porém, numa nova fase de testes, considerou-se que a duração dos testes era demasiado longa, uma vez que foram realizados 24 testes para cada uma das 24 emoções. Tendo identificado estes problemas, na **etapa final**, foram criadas apenas duas cenas para realizar os testes com utilizadores, tendo cada uma delas apenas oito emoções - as oito principais emoções do modelo de Plutchik. Na **primeira cena**, os utilizadores fazem a associação de uma cor que, na sua opinião, corresponda à emoção selecionada. Na **segunda cena**, consideram-se os resultados da cena anterior, visto que cada utilizador tem a sua interpretação emocional da cor, e faz-se a configuração da cor com uma animação de um avatar e verifica-se a influência da cor e da postura do avatar na percepção de uma emoção e qual destas tem maior importância.

No seguinte capítulo é feita uma descrição mais detalhada das etapas aqui mencionadas.

3.3 Metodologia

Uma vez que este projeto tem uma natureza exploratória, foram realizadas reuniões semanais da equipa para criar e adaptar o planeamento deste projeto.

Em cada uma das reuniões, era demonstrado o trabalho realizado até ao momento, verificando a eventual existência de erros, eram discutidas dificuldades e identificados os eventuais problemas numa realização de testes. Sempre que uma etapa terminava eram realizados testes informais com a equipa com o intuito de verificar a facilidade da realização destes testes com os futuros utilizadores. Após a conclusão do desenvolvimento da etapa final, e depois desta ter sido testada pela equipa, foram feitos testes com utilizadores voluntários, obtendo resultados de 39 utilizadores.

Capítulo 4

Desenvolvimento das cenas virtuais

Neste capítulo descreve-se com detalhe o desenvolvimento das etapas do trabalho que foram resumidas no final do capítulo anterior.

4.1 Etapa 1- captura de movimento em tempo real e avatar

Como já referido anteriormente, foi utilizado como base um projeto denominado “Kinect v1 Hand Game Starter Kit”, um jogo do Unity 3D, que lida com a captura de movimento em tempo real feita a partir de uma Kinect v1. No entanto, como já é um projeto antigo, o projeto continha várias incompatibilidades com a versão atual do Unity e, por este motivo, foi necessário proceder à correção dos conflitos existentes. No projeto inicial, a Kinect recolhia os pontos associados à cabeça, cotovelos, mãos, anca, joelhos e pés, tinha pontos repetidos e não se sabia que pontos estavam associados a cada parte do corpo. Foi feito o ajuste deste projeto, foram acrescentados os ombros e atualmente todos os pontos estão devidamente identificados. Estes pontos serão designados por pontos de mobilidade. Na figura 4.1 é possível visualizar à esquerda uma imagem dos pontos recolhidos.

De seguida, foi importado um avatar simples, com uma animação (a animação será utilizada apenas na próxima secção dedicada aos efeitos visuais) proveniente da plataforma do Mixamo[33]. Depois de colocado o avatar no ambiente do projeto, foi testada a hipótese de os pontos de mobilidade do avatar seguirem as posições correspondentes à captura pela Kinect v1. Contudo, quando esta hipótese foi testada, não se verificou viável uma vez que deformava os membros do avatar em alguns movimentos que o utilizador realizava. Isto deve-se ao facto de estarmos a utilizar uma única câmara para fazer a captura. A melhor solução até ao momento encontrada para este problema foi a *Inverse Kinematics*. Tal como referido anteriormente, a *Inverse Kinematics* vai calcular os ângulos das articulações de forma que os pontos das articulações correspondam aos pontos recolhidos. Para isso, foi necessário converter o tipo de animação da *rig* do avatar de genérico para humanoide, permitindo algumas otimizações por parte do Unity. De seguida, foi importado o pacote “Animation Rigging” que dá acesso a um *script* denominado “Two Bone IK Constraint”. A

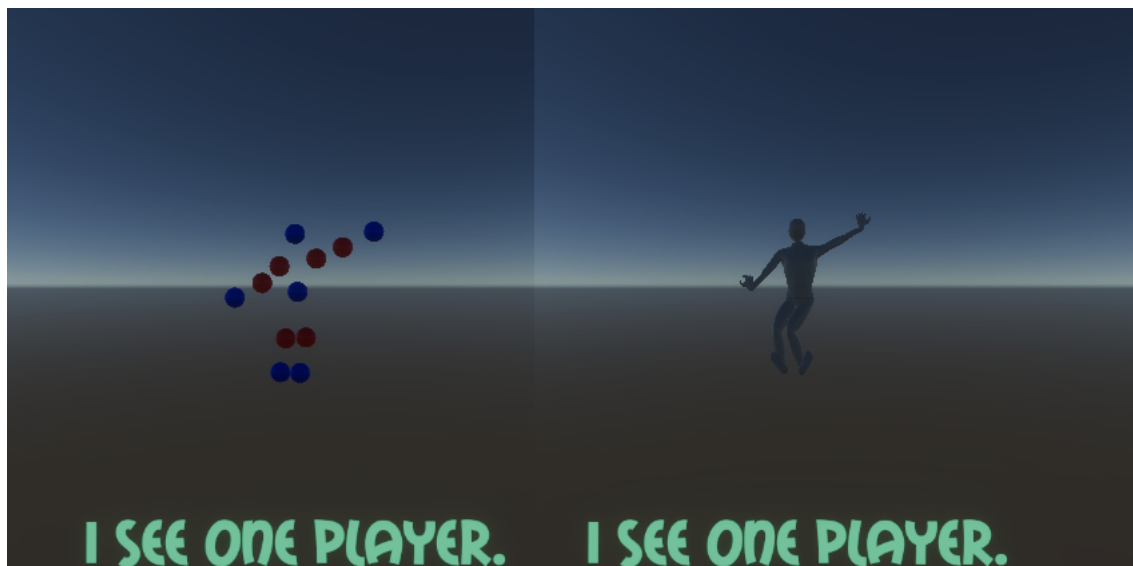


Figura 4.1: Pontos recolhidos pela Kinect v1 e o avatar a replicar essa posição

figura 4.2 mostra a interface da funcionalidade *inspector* do Unity na qual se indica o recurso ao *script* "Two Bone IK Constraint". Com este *script*, podemos indicar as extremidades do corpo que queremos movimentar, indicando estas no espaço "Tip" da interface do *inspector*. Quando fazemos isso, o *script* calcula a posição das duas articulações que lhe estão mais próximas. Por fim, nas configurações do *script* fazemos o "Auto setup from tip transform". É então devolvido um novo objeto denominado "Target".

Ao movimentar um "Target", a extremidade do avatar que lhe está associada pode então seguir a sua posição sem deformar o avatar. Uma vez definidos os cinco "Targets", indicamos para o avatar seguir a posição do ponto capturado da anca, uma vez que o centro dos avatares está situado na anca, e os "Targets" seguem a posição dos pontos capturados associados às extremidades. Na figura 4.1, à direita, é possível visualizar uma imagem do avatar com a mesma posição dos pontos recolhidos.

Na mesma figura também é possível notar que o avatar tem os pés e as mãos sempre direcionadas para a frente. Isto deve-se ao facto de o "Target" estar a seguir a posição das extremidades recolhidas. No entanto, não recolhe nenhuma informação sobre a rotação, movendo-se pelo ambiente, mas sempre na mesma posição, uma vez que não temos informação de profundidade.

4.2 Etapa 2- efeitos Visuais

Nesta segunda etapa, o objetivo era criar um sistema de visualização. Assim, foi feita uma configuração mais simples do avatar, visto que apenas era necessário verificar se os efeitos respondiam aos seus movimentos. Colocou-se o mesmo avatar neste novo ambiente e, desta vez, foi utilizada a animação importada juntamente com o avatar em vez de utilizar o mecanismo de captura de movimento. Aqui, foram testados três tipos de efeitos, designadamente: Particle System, Visual Effect Graph (VFX), Shader Graph.

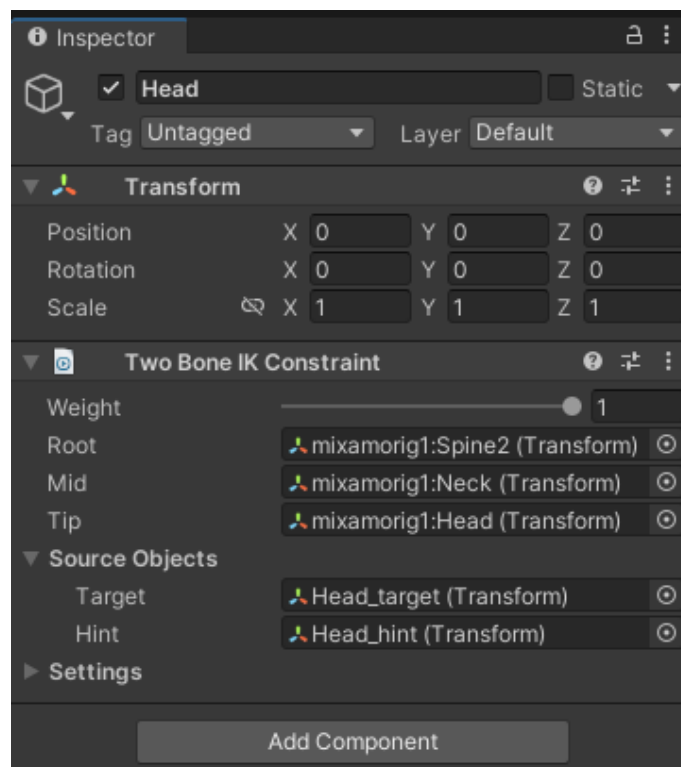


Figura 4.2: Two Bone IK Constraint

O **Particle System** é uma ferramenta utilizada para gerar vários tipos de efeitos visuais e que tem várias propriedades disponíveis no *inspector* do Unity que estão organizados por módulos[21]. Neste trabalho, o Particle System foi utilizado para criar um rastro do movimento. Assim, sempre que o avatar move uma parte específica do corpo (neste caso foi escolhida a mão) é gerado um rastro da trajetória que realizou que se vai desvanecendo com o tempo. Apesar de existir uma ferramenta própria para este tipo de efeitos, que é o *trails*, após alguma pesquisa foi escolhido o *Particle System* visto que pareceu ser mais eficiente, por ter mais opções para controlo. Adicionalmente, em movimentos mais bruscos, a ferramenta *trails* pode gerar algumas imperfeições. Para criar a base de um rastro é necessário, no módulo "Renderer", colocar a opção *render mode* com o valor *none*, na opção *material* seleccionar *None (Material)* e definir um material para o *trail*. Por fim, é necessário ativar o módulo "trails", seleccionando a *checkbox* e, nesse módulo, ativar o *world space* para o efeito ser gerado quando existe movimento do objeto associado a este no mundo. Depois desta configuração, os outros módulos podem ser utilizados para personalizar o rastro. Na figura 4.3 é possível observar a interface da ferramenta *Particle System* na qual estão disponíveis vários módulos e é possível visualizar a pré-definição feita para a implementação de um rastro.

O **Visual Effect Graph (VFX)** é um tipo de sistema de partículas do Unity com um editor baseado em nós que permite fazer efeitos complexos com milhares de partículas, sem ser necessário criar código de raiz.

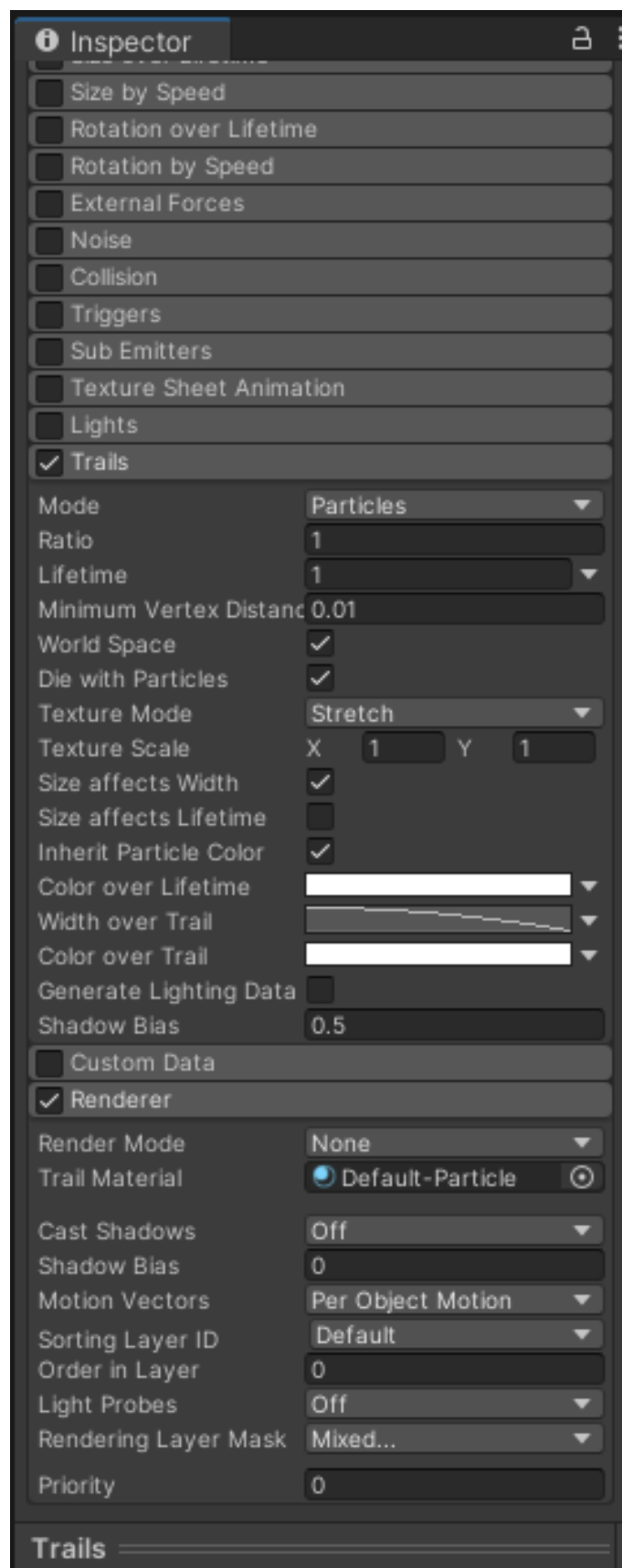


Figura 4.3: Interface geral do Particle System

Para poder trabalhar com o VFX é necessário importar dois pacotes, a “High Definition RP” ou “Universal RP” e a “Visual Effect Graph”[34]. Depois da instalação destes pacotes, é possível criar um VFX, seguindo a ordem *Create, Visual Effects, Visual Effect Graph*. Ao abrir o editor começamos sempre com um sistema de partículas pré-feito. O VFX tem disponível mais tipos de sistemas pré-feitos que um utilizador pode escolher, obtendo assim um efeito base diferente, como por exemplo, várias partículas ou um rastro. Depois de escolhido o sistema base, podem ser editados valores e acrescentados novos nós para criar o efeito desejado. Por fim, ainda podem ser acrescentadas variáveis expostas que são associadas a variáveis do mesmo tipo (isto é, *int* com *int*, *float* com *float*, entre outros). Estas variáveis permitem que o utilizador altere os valores de duas formas, no editor, e por *script*. Assim, se duplicarmos o VFX criado no cenário, ao personalizar as variáveis expostas podemos ter efeitos visualmente diferentes a partir do mesmo VFX.

Na figura 4.4 é possível observar duas janelas, o editor à esquerda e o *inspector* à direita. No editor temos uma panorâmica geral de um efeito que incorpora três sistemas, e, à sua esquerda, uma pequena janela onde são criadas as variáveis expostas. Por fim, no *inspector* é possível visualizar as mesmas variáveis expostas que podem ser alteradas através dos processos referidos.

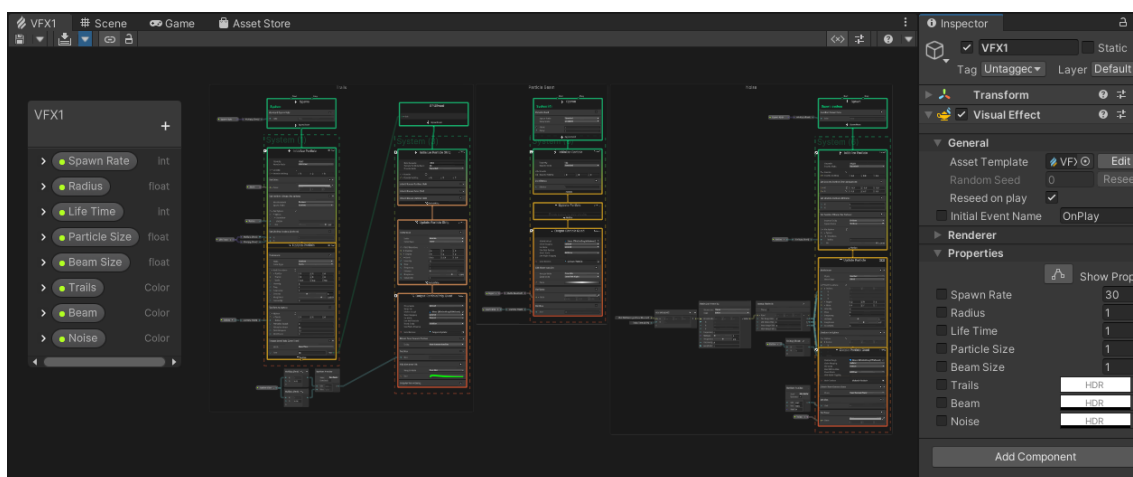


Figura 4.4: Interface geral do Visual Effect Graph no Unity

A ferramenta Particle System e o Visual Effect Graph são ambos sistemas de partículas, no entanto, têm características distintas, adequando-se a diferentes cenários. O Particle System executa no CPU, não tem uma grande quantidade de partículas, no entanto é mais fácil interagir com o mundo. O VFX é executado na placa de vídeo, permitindo uma maior quantidade de partículas [22].

Antes do Unity ter disponível o **Shader Graph**, para criar um *shader* era necessário escrevê-lo em código. Atualmente, com *Shader Graph*, é possível construir um *shader* muito mais rapidamente e ter uma pré-visualização à medida que o *shader* é criado, que é atualizando, sempre que este é editado. Esta ferramenta é um gráfico de nós, sendo assim muito mais fácil a sua criação

para os utilizadores[24]. Para começar, é preciso importar o pacote “Shader Graph” a partir do “Package Manager” do Unity. Depois de o pacote ser importado já é possível criar um *shader*.

No editor, pode-se mudar os valores pré-definidos e acrescentar nós para criar a textura desejada. Tal como o VFX, podem ser criadas variáveis expostas para adaptar o efeito no ambiente de trabalho. No editor também existe disponível uma pequena janela que permite pré-visualizar a textura que estamos a criar num objeto. Por fim, selecionamos o *shader* criado e a partir deste é gerado um material. É com este material que aplicamos o *shader* nos objetos do cenário. Neste projeto o *shader* é atribuído à malha do avatar. Na figura 4.5 é possível verificar, tal como no VFX, condições bastante semelhantes do seu funcionamento. Também é possível verificar, ao lado das variáveis expostas, uma pequena janela de pré-visualização.

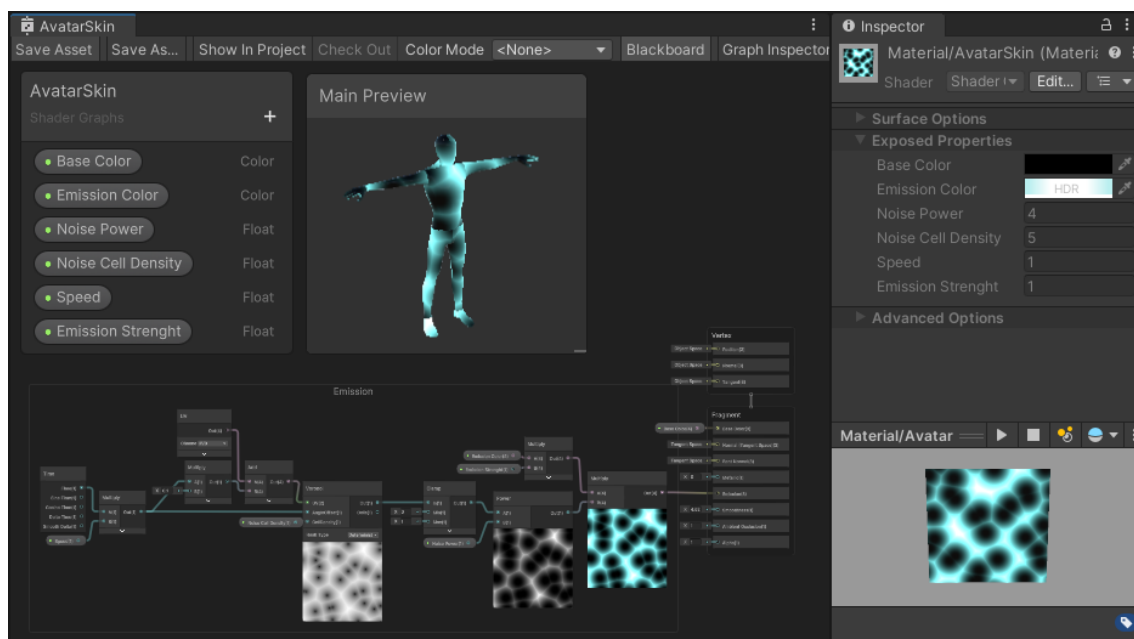


Figura 4.5: Interface geral do Shader Graph no Unity

4.3 Etapa 3- estímulos visuais e a sua interpretação emocional

Decidiu-se que a etapa 3 iniciaria um estudo interessante para as *performances* a desenvolver no Ghost Dance e que estudasse a relação entre as emoções, as cores, a frequência luminosa e o movimento do avatar.

Assim, um palco simples foi projetado no Blender, com três holofotes com uma tela preta no fundo e uma textura foi aplicada ao palco. Quando finalizado, o modelo foi exportado no formato FBX para ser integrado ao Unity, junto com a textura do palco e duas máscaras adicionais. A figura 4.6, mostra o protótipo do projeto.

Dentro do Unity, foram desenvolvidos três *shaders*: um controla exclusivamente os holofotes,



Figura 4.6: Cena exemplo com um protótipo da estrutura do palco com um avatar

outro manipula a tela de fundo e um terceiro combina os dois efeitos anteriores. Para garantir que cada *shader* manipula elementos diferentes, foram utilizadas as máscaras de textura, à exceção do *shader* que manipula os holofotes e o fundo.

Quatro cenas foram criadas utilizando o palco, no entanto, cada uma foi concebida para servir propósitos distintos. Uma cena emprega um *shader* que controla a emissão da superfície interna dos holofotes do palco. Por meio de *scripting*, foi implementada uma função para criar um efeito de piscar para os três holofotes, alterando a intensidade de emissão do *shader*. Numa segunda cena, um *shader* manipula a cor da superfície da tela. Utilizando *scripting*, foi desenvolvida uma função para modificar dinamicamente a cor exibida. Uma terceira cena utiliza um *shader* que afeta tanto a emissão da superfície interna dos holofotes quanto a cor da tela. Foi implementada uma função para criar um efeito de cintilação para os holofotes, ajustar a intensidade da emissão e manipular dinamicamente a cor exibida na tela. Por fim, na quarta cena, cenário da figura 4.6, foi introduzido um avatar no palco, com uma animação. Nesta cena, o palco tem apenas uma textura simples aplicada.

4.4 Etapa 4- estímulos e a sua interpretação emocional de acordo com o modelo de Plutchik

À medida que se foi progredindo, chegou-se à conclusão de que havia vários elementos na cena que poderiam co-influenciar o propósito do estudo. Assim, foram criadas novas cenas onde as variáveis em estudo surgem isoladas. Uma esfera com as normais invertidas foi utilizada como cenário. As normais foram invertidas para a superfície da esfera ser visível no lado de dentro em vez de fora. Assim, nas novas cenas, a esfera, isto é, o cenário, substitui o papel da tela, ou

seja, a esfera fica responsável pela representação da cor, enquanto a luz global do cenário substitui as luzes dos holofotes. Nestas condições, o utilizador fica cercado apenas com as variáveis em estudo. Neste projeto Unity, várias cenas diferentes são implementadas para verificar a relação das emoções com cor, luz e movimentos executados por um avatar. Para testar essas relações, um par de cenas foi criada para cada uma dessas variáveis. Nesta etapa, o intuito era testar:

- Os resultados da roda de emoções de Plutchik em cenário onde se manipula apenas a cor,
- Os resultados do artigo “Artificial Emotion Expression for a Robot by Dynamic Color Change”[15] em cenários onde se manipula a cor e a frequência luminosa.

Com estas novas características implementadas, foram criadas 9 cenas.

4.4.1 Estudo da cor do ambiente

No primeiro caso, a variável manipulada é apenas a cor global do ambiente. Focando no modelo de Plutchik, duas cenas são criadas para a manipulação da cor:

- **Cena pré-definida.** Aqui, o utilizador não tem controle sobre o ambiente sendo este controlado por um investigador. Neste cenário, o utilizador terá uma lista de emoções na qual deverá selecionar, na sua opinião, a emoção que a cor do cenário lhe transmitir. A cor do ambiente que o investigador controla restringe-se às cores presentes na roda Plutchik e as emoções presentes na lista são as mesmas emoções do modelo. Existe também a possibilidade do utilizador indicar uma nova emoção caso não identifique nenhuma das emoções da lista em relação às condições do cenário;
- **Cena personalizável.** Neste cenário o utilizador tem controle do ambiente. Utilizando três *sliders* que alteram o valor de Matiz, Saturação e Valor da cor de fundo. Neste caso, o investigador indicará as emoções presentes no modelo de Plutchik e, nesse contexto, o utilizador manipulará os *sliders* até criar um cenário que, a seu ver, corresponda à emoção indicada.

4.4.2 Estudo da influência do movimento

Para testar os resultados do artigo “Artificial Emotion Expression for a Robot by Dynamic Color Change”[15], a cor é manipulada juntamente com uma luz piscando. No artigo era uma luz colorida do robô que piscava mudando a cor da luz e o ritmo, neste projeto a cor corresponde à cor de fundo do ambiente, e o ritmo de luz corresponde ao ritmo da iluminação do ambiente. Como nos estudos focados apenas na cor, uma cena pré-definida foi criada no qual é acrescentado valores pré-definidos da frequência da luz do cenário (figura 4.7) e uma cena personalizável no qual é acrescentado um *slider* que manipula a frequência da luz ambiente (figura 4.8).



Figura 4.7: Exemplo de uma das cenas com valores já pré-definidos.



Figura 4.8: Exemplo de uma das cenas personalizáveis pelo utilizador.

4.4.3 Estudo da cor e movimento

No estudo de movimento, foram criadas duas cenas com um avatar presente no ambiente e o fundo utiliza uma cor neutra. Branco, cinza e bege são indicados como cores neutras[35] e neste projeto o bege é utilizado para evitar influenciar a emoção interpretada pelo avatar. Nestas cenas, o investigador pode selecionar um dos movimentos de um cenário assim como a cor do próprio avatar usando uma das cores do modelo Plutchik. A diferença entre as duas cenas é que uma usa um conjunto de movimentos *idle* e a outra usa um conjunto de movimentos de dança. Essas cenas visam verificar se a cor do avatar pode influenciar a emoção transmitida pelo movimento e vice-versa.

4.4.4 Estudo com todos os elementos combinados

Também foi criada uma cena na qual são combinados todos os elementos em estudo. Nesta cena, designada por cena combinada, o utilizador tem à disposição um painel em que pode ativar ou desativar qualquer variável do estudo, ou seja, a cor de fundo, a luz e o avatar. Se o painel estiver ativo, tem a possibilidade de controlar os *sliders* relacionados com essa categoria, se estiver inativo, atribui a condição neutra dessa variável. Ou seja, no caso deste cenário, a cor é bege, no caso da luz, a luz é fixa e, no caso do avatar, omite-o. Na figura 4.9 é possível visualizar a cena combinada.

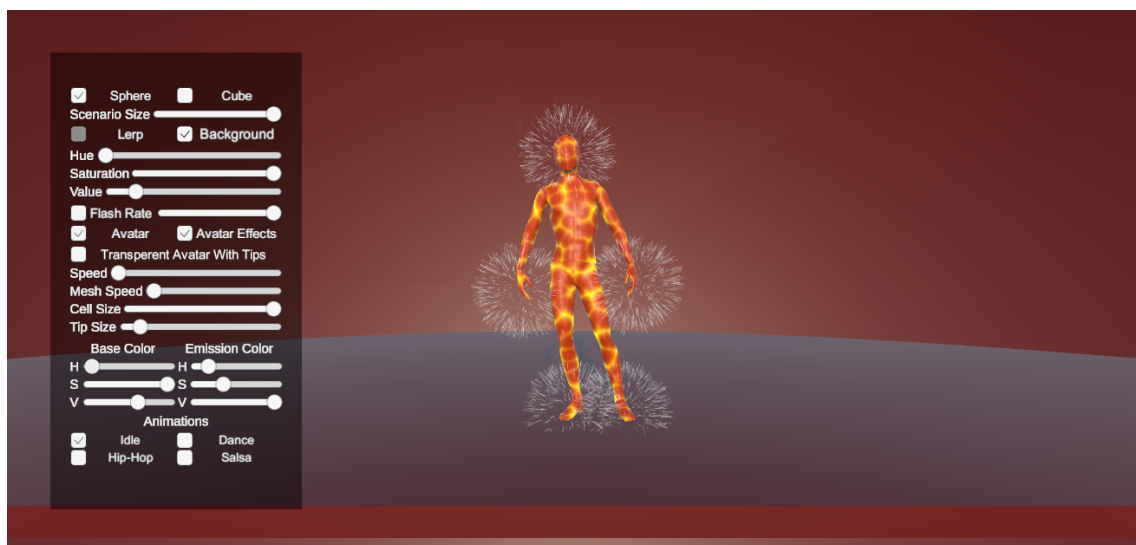


Figura 4.9: Cena combinada e a sua interface manipulável

4.4.5 Estudo da frequência luminosa

Duas cenas foram criadas onde foram manipuladas apenas a frequência luminosa. Tal como as cenas onde se manipula a cor ou as cenas como se manipula tanto a cor como o piscar da luz, uma cena era personalizável e outra predefinida. No entanto, ambas as cenas foram excluídas, uma

vez que não só eram extremamente cansativas para o utilizador, como, no caso da cena criada para valores pré-definidos da frequência do piscar da luz, não foram encontrados estudos que tentassem expressar uma emoção apenas com a frequência do piscar da luz.

4.4.6 Estudo com realidade virtual

Nas restantes cenas, foram criadas cenas idênticas às mesmas, mas adaptadas para realidade virtual com HMD. Em realidade virtual, a esfera teve de ser trocada por um cubo uma vez que o reflexo da luz na superfície da esfera influenciava a cor visualizada pelo utilizador. Após alguns testes, as cenas em cima descritas associadas ao artigo “Artificial Emotion Expression for a Robot by Dynamic Color Change”, revelaram ser cansativas para a maioria dos utilizadores e por este mesmo motivo não foram incluídas nos estudos com utilizadores que estão descritos no capítulo seguinte.

4.4.7 Estudo do impacto do som

Por fim, foi iniciada a criação de uma cena na qual a variável em estudo era o som, ou seja, o utilizador teria que tentar identificar ou atribuir uma emoção a partir do som. Para este estudo, recorreu-se ao projeto “MiningSuite” que é um código aberto do Matlab que analisa sinais de vários tipos, tais como gravações de áudio, música, trajetórias de gestos, vídeo entre outros[36][37]. Como neste projeto não havia acesso a ferramenta Matlab, optou-se por utilizar o Octave[29][30], uma ferramenta gratuita alternativa ao Matlab e também compatível com o Unity. O objetivo seria fazer a conversão do projeto Matlab para a ferramenta Octave. Após a conversão, uma cena Unity seria criada onde o movimento de uma pessoa seria capturado por uma Kinect e o movimento seria enviado para a ferramenta Octave que analisaria o movimento capturado. Devido a outras funcionalidades que precisavam de ser implementadas com maior importância e a falta informação disponível para a conversão de Matlab para Octave e ligação entre Octave e Unity, decidiu-se não investir nesta cena[36][37].

4.5 Etapa 5- estímulos visuais e a sua interpretação emocional de acordo as oito emoções primárias do modelo de Plutchik

O projeto anterior, apesar de estar em funcionamento e haver a possibilidade de criar um estudo de interesse, após ter sido feita uma simulação de um teste para um utilizador, concluiu-se que era um teste demasiado longo para os utilizadores. Tendo isto em conta, um novo projeto foi criado. Este projeto tem o intuito de explorar duas ideias:

- Validar os resultados do modelo de Plutchik, pedindo aos utilizadores para atribuírem uma cor a cada emoção;
- Verificar a influência do movimento na interpretação de uma emoção num cenário em conjunto com a cor.

Para isso foram criadas duas cenas para cada estudo. Em cada uma das cenas, são utilizadas uma lista de oito emoções. Estas oito emoções são as emoções que correspondem no anel em destaque da figura 4.10, nomeadamente:

- Alegria;
- Confiança;
- Medo;
- Surpresa;
- Tristeza;
- Nojo;
- Raiva;
- Antecipação.

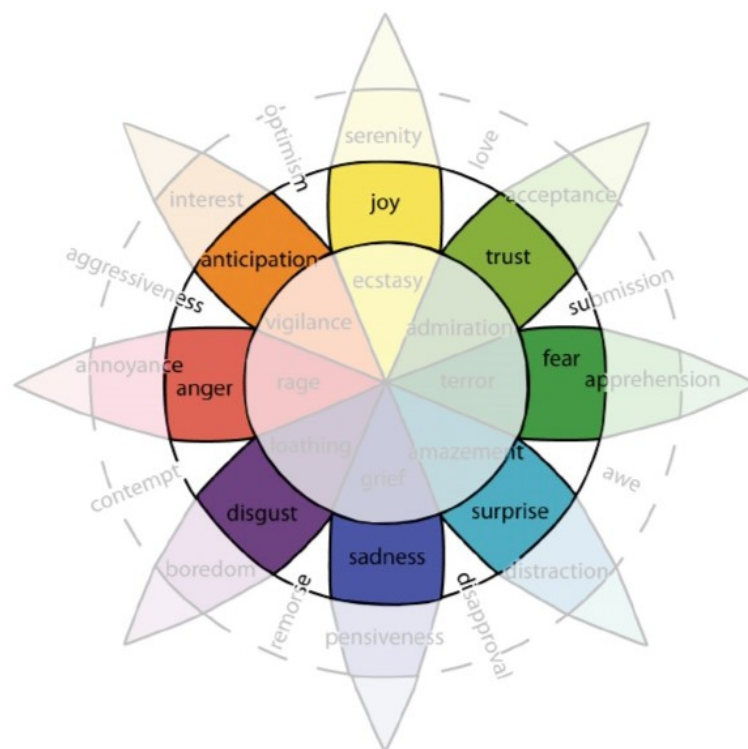


Figura 4.10: Anel do modelo de Plutchik em estudo

Estas foram escolhidas do modelo de Plutchik por se tratarem das emoções intermédias do modelo. Quando foram testados os projetos anteriores, chegou-se a conclusão que não seria possível

obter resultados destes testes utilizando as 24 emoções do modelo uma vez que os testes ficariam extremamente longos. Tendo isto em conta, apenas foram focadas as emoções intermédias (figura 4.10).

No desenvolvimento deste projeto foi feita uma sessão de *motion capture*, utilizando a ferramenta Vicon da Universidade Lusófona. Nesta sessão, com o auxílio de uma bailarina, foi feita a captura de oito movimentos *idle* para exprimir as oito emoções do anel em estudo do modelo de Plutchik. No entanto, no fim da sessão, foi identificado um erro no processo de gravação que comprometeu a sessão e a passagem dos dados do Vicon para o Unity não criava uma animação. Deste modo, foram mantidas nas nossas cenas as animações disponíveis no Mixamo.

Na primeira cena, como se pode verificar na figura 4.11, foi criado um *color picker* onde os utilizadores tinham a possibilidade de escolher entre 117 cores disponíveis. Este *color picker* tenta disponibilizar um grande conjunto de cores para tentar reproduzir os variados tons de cores existentes no espectro de cores e ao mesmo tempo permite limitar as infinitas cores existentes num conjunto mais pequenos para facilitar o estudo dos dados. A cena tem como objectivo que o utilizador atribua para cada uma das oito emoções, uma cor do *color picker* que, para ele, se adequa à emoção seleccionada. É permitido seleccionar cores iguais em emoções diferentes uma vez que o utilizador pode associar uma cor a mais do que uma emoção. Com esta amostra o objetivo é verificar se existe relação entre as cores do modelo de Plutchik com a médias das cores da amostra.

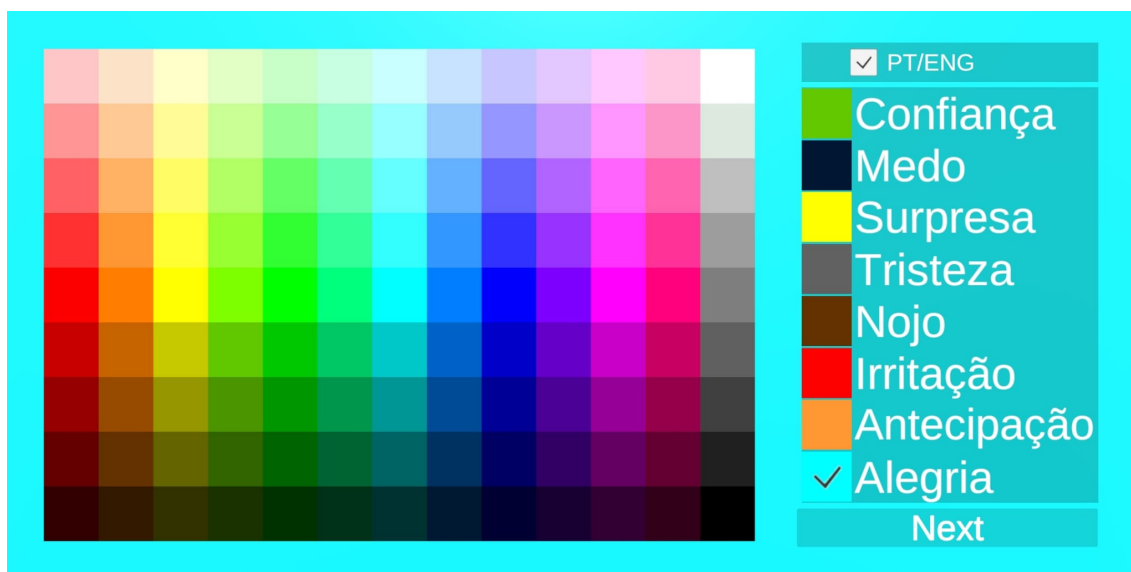


Figura 4.11: Primeira cena do estudo realizado.

4.5.1 Estudo da presença do avatar

Após todas as cores estarem seleccionadas na primeira cena, o código RGB das cores será guardado e as cores serão utilizadas na segunda cena. Na segunda cena, (figura 4.12), o utilizador terá as

mesmas oito emoções disponíveis, com o acréscimo de aborrecimento, que está associado ao nojo. A associação entre aborrecimento e nojo é feita na descrição que aparece antes da cena. Esta informação é indicada uma vez que foram obtidas animações para tentar representar cada uma das oito emoções utilizadas, no entanto, no caso do nojo, não foi encontrada nenhuma animação que a representasse e, por esse mesmo motivo, foi utilizada uma animação que expressa aborrecimento.

Nesta cena, o objetivo é verificar a influência da presença do avatar no ambiente e, ao mesmo tempo, a sua postura. Para isso, todo o cenário é colorido dependendo das cores escolhidas na cena anterior e tem presente um avatar com textura bege, cor neutra, para realizar as animações. É importante referir que os dois testes deste estudo estão juntos uma vez que, como cada pessoa identifica uma cor diferente para uma determinada emoção e como no segundo cenário queremos transmitir uma emoção específica através da cor, nós transmitimos a cor que o utilizador associa em cada uma das emoções. São testadas 24 situações nesta cena, que podem ser divididas em três grupos. O primeiro grupo vai utilizar a cor e a animação que reproduzem a mesma emoção, como por exemplo, ambas a cor e animação de felicidade. O segundo grupo utiliza emoções opostas na cor e na animação. Por exemplo, representar a cor que para o utilizador transmite tristeza, enquanto o avatar realiza uma animação alegre. Para relembrar, as animações opostas são:

- Alegria/Tristeza;
- Confiança/Nojo;
- Medo/Raiva;
- Surpresa/Antecipação.

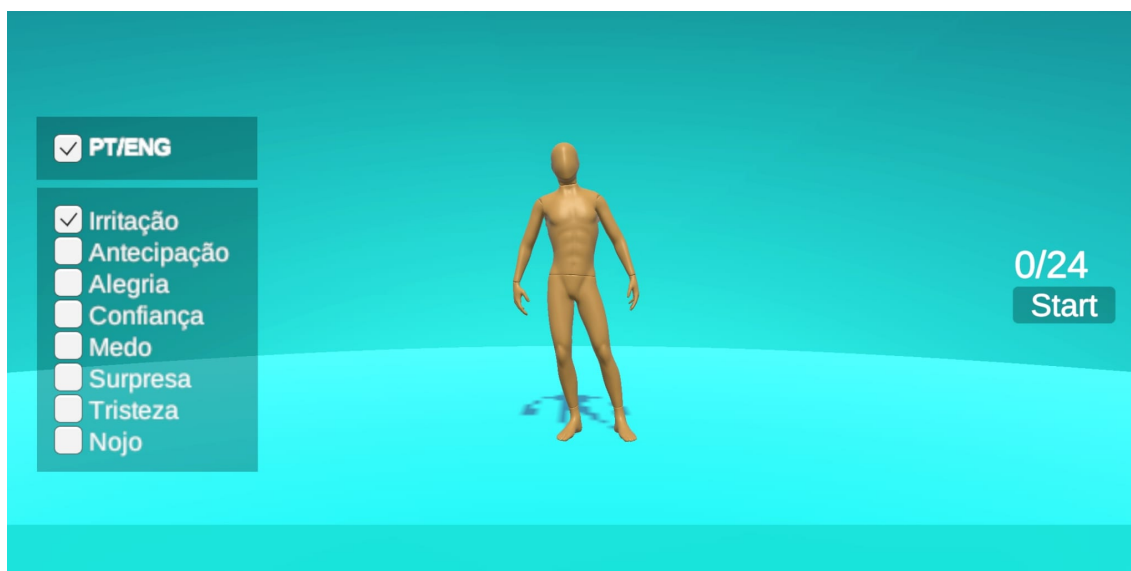


Figura 4.12: Segunda cena do estudo realizado.

Por fim, o último grupo utiliza sempre a mesma posição de *idle* para cada uma das cores para

verificar se é o movimento ou apenas a presença do avatar que tem influência na interpretação global da cena.

Neste último projeto foi feita uma versão para computador, uma versão móvel e uma versão de realidade virtual.

Os resultados obtidos neste estudo e a sua amostra serão discutidos no capítulo seguinte.

Capítulo 5

Estudo das emoções desencadeadas pela visualização das cenas virtuais

Neste capítulo é feita a descrição dos testes realizados com utilizadores voluntários usando cenas descritas no capítulo anterior. Caracterizam-se os participantes do estudo, apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos.

5.1 Testes realizados

Os testes foram realizados por voluntários nomeadamente, colegas de faculdade e contactos sociais, sem qualquer tipo de contrapartida. Os voluntários realizaram os testes numa versão móvel, visto que é mais fácil o seu transporte para a realização de mais teste.

5.2 Caracterização dos participantes

Neste projeto foi obtida uma amostra de 41 pessoas, tendo 9 utilizadores entre 19 a 34 anos, dos quais 8 eram homens e 1 mulher, 23 utilizadores entre os 35 e os 45 anos, dos quais 8 eram homens e 15 eram mulheres e 7 utilizadores com mais do que 45 anos dos quais 2 eram homens e 5 eram mulheres. Nesta amostra podemos verificar que a maioria dos utilizadores está entre os 35 e os 45 anos e também a maioria dos utilizadores são mulheres. A tabela 5.1 resume as características da amostra em termos de idade e género.

Contudo, após analisar os resultados, dois testes foram excluídos da amostra, ficando apenas com 39 resultados. Estes dois testes foram excluídos devido aos resultados da primeira cena. Em ambos os testes, os utilizadores escolheram para mais de três emoções a mesma cor que neste caso foi o preto. Apesar dos utilizadores poderem repetir uma cor para diferentes emoções, uma vez que as pessoas têm percepções diferentes, várias emoções associadas a mesma cor vai fazer com que o próximo teste do utilizador seja confuso, visto que utiliza os resultados desta cena.

Tabela 5.1: Género e idade da amostra

Amostra	Homens	Mulheres
19 a 34	8	1
35 a 45	8	15
mais de 45	2	5

5.3 Primeiro estudo (Comparação com o Modelo de Plutchik)

Na primeira cena, cada utilizador atribuiu uma cor, de uma escala de cores, a cada uma das oito emoções. Nos resultados desta cena, foi feita a média e a moda das cores e foi calculado o desvio padrão e o intervalo de confiança. Nas duas tabelas seguintes é possível visualizar o resultado obtido para cada uma das emoções. A tabela 5.2 mostra o valor da média (M), do desvio padrão (D.P.), e do intervalo de confiança com um nível de confiança de 95% (I.C. 95%) de cada componente RGB das oito emoções. Na tabela 5.3 demonstra a moda (m(RGB)), a média em HSV (M(HSV)) para uma diferente análise, o desvio padrão (D.P.) e o intervalo de confiança com um nível de 95% (I.C. 95%) da cor. Antes de prosseguirmos, é importante enfatizar que o desvio padrão da cor foi calculado a partir da média dos três componentes RGB, e o intervalo de confiança da cor, a partir deste desvio padrão.

Tabela 5.2: Resultados dos componentes RGB das Emoções

Emoção	M	D. P.	I.C. 95%
Raiva - R	188.10	78.482	24.631
Raiva - G	40.10	78.555	24.654
Raiva - B	29.72	61.782	19.390
Antecipação - R	166.46	92.602	29.063
Antecipação - G	154.51	97.496	30.599
Antecipação - B	118.38	113.479	35.615
Alegria - R	165.59	104.898	32.922
Alegria - G	177.15	95.387	29.937
Alegria - B	107.49	113.945	35.761
Confiança - R	121.31	112.400	35.276
Confiança - G	152.82	110.091	34.552
Confiança - B	138.21	108.930	34.187
Medo - R	70.82	89.916	28.220
Medo - G	42.92	72.390	22.719
Medo - B	47.23	64.017	20.091
Surpresa - R	195.77	87.434	27.441
Surpresa - G	186.69	92.857	29.143
Surpresa - B	109.03	94.868	29.774
Tristeza - R	80.54	75.111	23.573
Tristeza - G	79.46	80.911	25.394
Tristeza - B	98.18	88.937	27.913
Nojo - R	67.41	70.173	22.023
Nojo - G	61.31	73.454	23.053
Nojo - B	22.95	53.532	16.801

Tabela 5.3: Resultados das cores das Emoções (RGB e HSV)

Emoção	M (RGB)	M (HSV)	D. P.	I.C. 95%
Raiva	255/0/0	4/84.2/73.8	72.939	22.892
Antecipação	255/127/0	45/28.9/65.3	101.192	31.759
Alegria	255/255/0	70/39.2/69.4	104.743	32.873
Confiança	0/255/255	152/20.7/60	110.474	34.672
Medo	0/0/0	351/39.2/27.7	75.441	23.677
Surpresa	255/255/0	54/44.2/76.8	91.720	28.786
Tristeza	64/64/64	243/18.9/38.5	81.653	25.627
Nojo	100/52/0	51/65.8/26.4	65.719	20.626

No modelo Plutchik, cada anel varia apenas num valor, no matiz (*hue*). No entanto, neste teste, não queríamos limitar os utilizadores a escolherem apenas cores com variação de matiz, oferecendo as variadas cores, como já referido, incluindo o branco e preto. Vai ser feita uma breve análise dos dados em cada uma das emoções e no fim uma conclusão geral.

5.3.1 Raiva

A cor mais vezes escolhida (moda) na paleta possui o código RGB 255/0/0, sugerindo que a cor preferida dos utilizadores para relacionar com o sentimento de raiva, é o vermelho puro.

Em relação à média, o componente vermelho (R) do código RGB possui o valor 188.1, sugerindo que o R é o componente mais intenso da cor. Com um desvio padrão de 78.482 sugere que existe uma variabilidade significativa nos valores de R. Com um intervalo de confiança de ± 24.631 , podemos ter 95% de confiança de que a média de R está dentro do intervalo [163.469, 212.731].

O componente verde (G) do código RGB possui uma média de 40.1, indicando que o G é um componente pouco predominante da cor. Com um desvio padrão semelhante ao de R, com valor 78.555, sugere que existe uma variabilidade significativa nos valores de G. Com um intervalo de confiança de ± 24.654 , podemos ter 95% de confiança de que a média de G está dentro do intervalo [15.446, 64.754].

O componente azul (B) do código RGB possui uma média de 29.72, indicando que o B é o componente menos predominante da cor. Com um desvio padrão de 61.782 sugere que é o componente RGB com menor variabilidade. Com um intervalo de confiança de ± 19.390 , podemos ter 95% de confiança de que a média de B está dentro do intervalo [10.330, 49.11].

Na figura 5.1, apresentamos uma representação visual dos oito tons de cor que correspondem aos limites dos intervalos de confiança das componentes RGB. Cada um desses tons é uma combinação específica dos intervalos de confiança das componentes R, G e B.



Figura 5.1: Tons associados à emoção Raiva com intervalo de confiança de 95%

Na figura 5.1 é possível ver cores de tom vermelho. Com a representação visual do intervalo de confiança, podemos verificar que não houve uma grande variação do valor, sugerindo que na maioria dos resultados de raiva os utilizadores optaram por diferentes tons de vermelho.

Além disso, o desvio padrão, com um valor de 72.919, e o intervalo de confiança da cor, com um valor de 22.904, reforçam a ideia de uma variabilidade significativa da cor com um pequeno nível de incerteza associado à média das cores.

Convertendo a média da cor de RGB para HSV obtemos, *hue* (matiz) de 4, uma saturação de 84.1 e um valor de 73.6. Desprezando os valores da saturação e valor, e focando apenas no valor de *hue*, podemos assumir que a cor é principalmente vermelha.

Com base nestas análises, podemos concluir que a cor escolhida para a raiva é dominada pelo vermelho. O elevado valor da média de R, os baixos valor da média de G e B, o facto da moda ser o vermelho puro e a média ser um tom de vermelho, sugere que a cor é mais próxima de um vermelho dominante, mas com potencial para variações na tonalidade dentro desse espectro.

5.3.2 Antecipação

A cor mais vezes escolhida (moda) na paleta possui o código RGB 255/127/0, sugerindo que a cor preferida dos utilizadores para relacionar com o sentimento de Antecipação, é uma cor com tonalidade laranja (vermelho-alaranjado).

Em relação à média, o componente vermelho (R) do código RGB possui o valor 166.46, sugerindo uma presença significativa de R na cor geral. Com um desvio padrão de 92.602 sugere que a R pode variar consideravelmente. Com um intervalo de confiança de ± 29.063 , podemos ter 95% de confiança de que a média de R está dentro do intervalo [137.397, 195.523].

O componente verde (G) do código RGB possui uma média de 154.51, o que indica uma presença moderada de G. Com um desvio padrão de 97.496, tal como R, sugere que G pode variar consideravelmente. Com um intervalo de confiança de ± 30.599 , podemos ter 95% de confiança de que a média de G está dentro do intervalo [123.911, 185.109].

O componente azul (B) do código RGB possui a menor média de valor B 118.38, indicando uma presença relativamente baixa de B na cor geral. Com um desvio padrão de 113.479 sugere que é o componente RGB com maior variabilidade. Com um intervalo de confiança de ± 35.615 , podemos ter 95% de confiança de que a média de B está dentro do intervalo [82.765, 153.995].

Na figura 5.2, apresenta-se uma representação visual dos oito tons de cor que correspondem aos limites dos intervalos de confiança das componentes RGB. Cada um desses tons é uma combinação específica dos intervalos de confiança das componentes R, G e B.



Figura 5.2: Tons associados à emoção Antecipação com intervalo de confiança de 95%

Na figura 5.2, é possível ver cores de tom verde, azul e vermelho. Com a representação visual do intervalo de confiança, podemos verificar a grande variação de cores existentes, indicando que houve uma maior diversidade de cores selecionadas para a antecipação.

Além disso, o desvio padrão, com um valor de 101.192, e o intervalo de confiança da cor, com um valor de 31.795, reforçam a ideia de uma grande variabilidade da cor com algum nível de incerteza associado à média das cores.

Convertendo a média da cor de RGB para HSV obtemos, *hue* (matiz) de 45, uma saturação de 28.9 e um valor de 65.3. Desprezando os valores da saturação e valor, e focando no valor de *hue*, podemos assumir que a cor é principalmente laranja.

Com base nestas análises, podemos concluir que a variabilidade significativa nos componentes R, G e B indica que a paleta de cores dos utilizadores abrange uma ampla gama de tons. Ou seja, a cor tende para um laranja, no entanto, tem um grande potencial para variações na tonalidade dentro desse espectro. Também podemos verificar uma baixa saturação na média.

5.3.3 Alegria

A cor mais vezes escolhida (moda) na paleta possui o código RGB 255/255/0, sugerindo que a cor preferida dos utilizadores para relacionar com o sentimento de Alegria, é o amarelo puro.

Em relação à média, o componente vermelho (R) do código RGB possui o valor 165.59, sugerindo uma presença significativa de R na cor geral. Com um desvio padrão de 104.898 sugere que a R pode variar consideravelmente. Com um intervalo de confiança de ± 32.922 , podemos ter 95% de confiança de que a média de R está dentro do intervalo [132.668, 198.512].

O componente verde (G) do código RGB possui uma média de 177.15, o que indica uma presença significativa de G. Com um desvio padrão de 95.387, sugere que G pode variar consideravelmente. Com um intervalo de confiança de ± 29.937 , podemos ter 95% de confiança de que a média de G está dentro do intervalo [147.213, 207.087].

O componente azul (B) do código RGB possui a menor média de valor B 107.49, indicando uma presença mais baixa de B na cor geral. Com um desvio padrão de 113.945 sugere que é o componente RGB com maior variabilidade. Com um intervalo de confiança de ± 35.761 , podemos ter 95% de confiança de que a média de B está dentro do intervalo [71.729, 143.251].

Na figura 5.3, apresentamos uma representação visual dos oito tons de cor que correspondem aos limites dos intervalos de confiança das componentes RGB. Cada um desses tons é uma combinação específica dos intervalos de confiança das componentes R, G e B.



Figura 5.3: Tons associados à emoção Alegria com intervalo de confiança de 95%

Na figura 5.3, é possível ver cores de tom verde, azul e vermelho. Com a representação visual

do intervalo de confiança, podemos verificar a grande variação de cores existentes, indicando que houve uma maior diversidade de cores selecionadas para a alegria.

Além disso, o desvio padrão, com um valor de 104.743, e o intervalo de confiança da cor, com um valor de 32.873, reforçam a ideia de uma grande variabilidade da cor com algum nível de incerteza associado à média das cores.

Convertendo a média da cor de RGB para HSV obtemos, *hue* (matiz) de 70, uma saturação de 39.2 e um valor de 69.4. Desprezando os valores da saturação e valor, e focando no valor de *hue*, podemos assumir que a cor é principalmente amarela.

Com base nestas análises, podemos concluir que a cor escolhida é dominada pelo vermelho e verde, contudo, com uma presença moderada de azul. A variabilidade significativa nos componentes R, G e B indica que a paleta de cores dos utilizadores abrange uma ampla gama de tons. Ou seja, a cor tende para um amarelo, no entanto, tem um grande potencial para variações na tonalidade dentro desse espectro.

5.3.4 Confiança

A cor mais vezes escolhida (moda) na paleta possui o código RGB 0/255/255, sugerindo que a cor preferida dos utilizadores para relacionar com o sentimento de confiança, é o ciano puro.

Em relação à média, o componente vermelho (R) do código RGB possui o valor 121.31, sugerindo que R tem uma presença mais baixa na cor geral. Com um desvio padrão de 112.400 sugere que a R pode variar consideravelmente. Com um intervalo de confiança de ± 35.276 , podemos ter 95% de confiança de que a média de R está dentro do intervalo [86.034, 156.586].

O componente verde (G) do código RGB possui uma média de 152.82, o que indica que é o componente com maior presença. Com um desvio padrão de 110.091, sugere que G pode variar consideravelmente. Com um intervalo de confiança de ± 34.552 , podemos ter 95% de confiança de que a média de G está dentro do intervalo [118.268, 187.372].

O componente azul (B) do código RGB possui a menor média de valor B 138.21, indicando uma presença moderada B na cor geral. Com um desvio padrão de 108.930 sugere que B pode variar consideravelmente. Com um intervalo de confiança de ± 34.187 , podemos ter 95% de confiança de que a média de B está dentro do intervalo [104.023, 172.397].

Na figura 5.4, apresentamos uma representação visual dos oito tons de cor que correspondem aos limites dos intervalos de confiança das componentes RGB. Cada um desses tons é uma combinação específica dos intervalos de confiança das componentes R, G e B.



Figura 5.4: Tons associados à emoção Confiança com intervalo de confiança de 95%

Na figura 5.4, é possível ver cores de tons verde, azul e vermelho. Com a representação visual

do intervalo de confiança, podemos verificar a grande variação de cores existentes, indicando que houve grande diversidade de cores selecionadas para a alegria.

Além disso, o desvio padrão, com um valor de 110.474, e o intervalo de confiança da cor, com um valor de 34.672, reforçam a ideia de uma grande variabilidade da cor com algum nível de incerteza associado à média das cores. A confiança é a emoção da qual houve maior incerteza.

Convertendo a média da cor de RGB para HSV obtemos, *hue* (matiz) de 152, uma saturação de 20.7 e um valor de 60. Desprezando os valores da saturação e valor, e focando no valor de *hue*, podemos assumir que a cor é principalmente ciano.

Com base nestas análises, podemos concluir que a cor escolhida é uma mistura equilibrada de vermelho, verde e azul, com nenhuma componente dominante. Esta é a emoção com maior incerteza, devido ao seu maior valor do desvio padrão, indicando a grande variabilidade nos componentes R, G e B, ou seja, abrange uma ampla gama de tons. Portanto, a cor em si é uma tonalidade que combina esses três componentes de forma equilibrada. Contudo, pode-se dizer que existe uma tendência para o ciano, visto que essa foi a cor mais escolhida, e na média, desprezando a saturação e o valor em Hsv, obtemos um ciano também. Também podemos verificar uma baixa saturação na média.

5.3.5 Medo

A cor mais vezes escolhida (moda) na paleta possui o código RGB 0/0/0, sugerindo que a cor preferida dos utilizadores para relacionar com o sentimento de Medo, é o preto.

Em relação à média, o componente vermelho (R) do código RGB possui o valor 70.82, sugerindo uma fraca presença de R na cor geral. Com um desvio padrão de 89.916 sugere que a R pode variar significativamente. Com um intervalo de confiança de ± 28.220 , podemos ter 95% de confiança de que a média de R está dentro do intervalo [42.600, 99.040].

O componente verde (G) do código RGB possui uma média de 42.92, o que indica que é o componente com menor presença. Com um desvio padrão de 72.390, sugere que G pode variar consideravelmente. Com um intervalo de confiança de ± 22.719 , podemos ter 95% de confiança de que a média de G está dentro do intervalo [20.201, 65.639].

O componente azul (B) do código RGB possui a menor média de valor B 47.23, indicando uma fraca presença de B na cor geral. Com um desvio padrão de 64.017 sugere que B varia significativamente. Com um intervalo de confiança de ± 20.091 , podemos ter 95% de confiança de que a média de B está dentro do intervalo [27.139, 67.321].

Na figura 5.5, apresentamos uma representação visual dos oito tons de cor que correspondem aos limites dos intervalos de confiança das componentes RGB. Cada um desses tons é uma combinação específica dos intervalos de confiança das componentes R, G e B.

Na figura 5.5, é possível ver cores de tom verde, azul e vermelho. Contudo, todos os tons têm uma tonalidade escura. Com a representação visual do intervalo de confiança, podemos verificar que o medo pode variar em tons muito escuros.



Figura 5.5: Tons associados à emoção Medo com intervalo de confiança de 95%

O desvio padrão, com um valor de 75.441, e o intervalo de confiança da cor, com um valor de 23.677, indicam uma baixa variação dos resultados. Ou seja, com a baixa variação, e como na figura 6.5 podemos verificar distintos tons, dentro das cores escuras, podemos presumir que a grande maioria dos utilizadores associou medo a tons de cinza e preto.

Convertendo a média da cor de RGB para HSV obtemos, *hue* (matiz) de 351, uma saturação de 39.2 e um valor de 27.7. Desprezando os valores da saturação e valor, e focando no valor de *hue*, podemos assumir que a cor é principalmente magenta.

Com base nestas análises, podemos concluir que a cor escolhida é uma mistura equilibrada de vermelho, verde e azul, com nenhuma componente dominante. A baixa variabilidade nos componentes R, G e B indica que a paleta de cores dos utilizadores abrange apenas uma gama de tons escuros.

5.3.6 Surpresa

A cor mais vezes escolhida (moda) na paleta possui o código RGB 255/255/0, sugerindo que a cor preferida dos utilizadores para relacionar com o sentimento de Surpresa, é o amarelo puro.

Em relação à média, o componente vermelho (R) do código RGB possui o valor 195.77, sugerindo uma forte presença de R na cor geral. Com um desvio padrão de 87.434 sugere que a R pode variar significativamente. Com um intervalo de confiança de ± 27.441 , podemos ter 95% de confiança de que a média de R está dentro do intervalo [168.329, 223.211].

O componente verde (G) do código RGB possui uma média de 186.69, o que indica que é o componente com menor presença. Com um desvio padrão de 92.857, sugere que G pode variar consideravelmente. Com um intervalo de confiança de ± 29.143 , podemos ter 95% de confiança de que a média de G está dentro do intervalo [157.547, 215.833].

O componente azul (B) do código RGB possui a menor média de valor B 109.03, indicando uma presença mais fraca de B na cor geral. Com um desvio padrão de 94.868 sugere que B varia consideravelmente. Com um intervalo de confiança de ± 29.774 , podemos ter 95% de confiança de que a média de B está dentro do intervalo [27.139, 67.321].

Na figura 5.6, apresentamos uma representação visual dos oito tons de cor que correspondem aos limites dos intervalos de confiança das componentes RGB. Cada um desses tons é uma combinação específica dos intervalos de confiança das componentes R, G e B.

Na figura 5.6, é possível ver cores de tons verde e vermelho. Com a representação visual deste intervalo de confiança podemos verificar que as cores focadas foram nomeadamente cores vermelhas, verdes, ou amarelas que surgem da combinação de vermelho e verde.



Figura 5.6: Tons associados à emoção Surpresa com intervalo de confiança de 95%

O desvio padrão, com um valor de 91.720, e o intervalo de confiança da cor, com um valor de 28.786, indicam uma baixa variação dos resultados, reforçam a ideia de uma alguma variabilidade com algum nível de incerteza associado à média das cores.

Convertendo a média da cor de RGB para HSV obtemos, *hue* (matiz) de 54, uma saturação de 44.2 e um valor de 76.8. Desprezando os valores da saturação e valor, e focando no valor de *hue*, podemos assumir que a cor é principalmente laranja-amarelada.

Com base nestas análises, podemos concluir que a cor escolhida é dominada pela mistura equilibrada de vermelho e verde e uma presença relativamente baixa de azul. A variabilidade significativa nos componentes R, G e B indica que a paleta de cores dos utilizadores abrange uma ampla gama de tons de vermelho e verde, com variações pouco notáveis de azul. Portanto, a cor em si é mais próxima de um amarelo devido a sua presença na moda, na matiz da média e no intervalo de confiança, mas com potencial para variações nas tonalidades de verde e vermelho.

5.3.7 Tristeza

A cor mais vezes escolhida (moda) na paleta possui o código RGB 64/64/64, sugerindo que a cor preferida dos utilizadores para relacionar com o sentimento de tristeza, é um cinza moderado.

Em relação à média, o componente vermelho (R) do código RGB possui o valor 80.54, sugerindo alguma presença de R tem na cor geral. Com um desvio padrão de 75.111 sugere que a R pode variar significativamente. Com um intervalo de confiança de ± 23.573 , podemos ter 95% de confiança de que a média de R está dentro do intervalo [56.967, 104.11].

O componente verde (G) do código RGB possui uma média de 79.46, o que indica alguma presença de G. Com um desvio padrão de 80.911, sugere que G pode variar consideravelmente. Com um intervalo de confiança de ± 25.394 , podemos ter 95% de confiança de que a média de G está dentro do intervalo [54.066, 104.854].

O componente azul (B) do código RGB possui a menor média de valor B 98.18, indicando alguma presença de B na cor geral. Com um desvio padrão de 88.937 sugere que B varia significativamente. Com um intervalo de confiança de ± 27.913 , podemos ter 95% de confiança de que a média de B está dentro do intervalo [70.267, 126.093].

Na figura 5.7, apresentamos uma representação visual dos oito tons de cor que correspondem aos limites dos intervalos de confiança das componentes RGB. Cada um desses tons é uma combinação específica dos intervalos de confiança das componentes R, G e B.

Na figura 5.7, é possível ver cores de tom verde, azul e vermelho. Contudo, todos os tons têm uma tonalidade azul escura. Com a representação visual do intervalo de confiança, podemos



Figura 5.7: Tons associados à emoção Tristeza com intervalo de confiança de 95%

verificar que o medo pode variar no entanto sempre com uma presença de azul muito forte.

Além disso, o desvio padrão, com um valor de 81.653, e o intervalo de confiança da cor, com um valor de 25.627, reforçam a ideia de alguma variabilidade com algum nível de incerteza associado à média das cores.

Convertendo a média da cor de RGB para HSV obtemos, *hue* (matiz) de 243, uma saturação de 18.9 e um valor de 38.5. Desprezando os valores da saturação e valor, e focando no valor de *hue*, podemos assumir que a cor é principalmente azul.

Com base nestas análises, podemos concluir que a cor escolhida é dominada pelo azul, com uma mistura equilibrada de vermelho e verde. A variabilidade significativa nos componentes R, G e B indica que a paleta de cores dos utilizadores abrange uma ampla gama de tons de B, com variações notáveis de R e G. Portanto, a cor em si é mais próxima de tons próximos de azul escuro.

5.3.8 Nojo

A cor mais vezes escolhida (moda) na paleta possui o código RGB 100/52/0, sugerindo que a cor preferida dos utilizadores para relacionar com o sentimento de Nojo, é um tom de castanho.

Em relação à média, o componente vermelho (R) do código RGB possui o valor 67.41, sugerindo que R tem uma presença moderada cor geral. Com um desvio padrão de 70.173 sugere que a R pode variar significativamente. Com um intervalo de confiança de ± 22.023 , podemos ter 95% de confiança de que a média de R está dentro do intervalo [45.387, 89.433].

O componente verde (G) do código RGB possui uma média de 61.31, sugerindo que R tem uma presença moderada cor geral. Com um desvio padrão de 73.454, sugere que G pode variar consideravelmente. Com um intervalo de confiança de ± 23.053 , podemos ter 95% de confiança de que a média de G está dentro do intervalo [38.257, 84.363].

O componete azul (B) do código RGB possui a menor média de valor B 22.95, indicando uma fraca presença de B na cor geral. Com um desvio padrão de 53.532 sugere que B pode variar consideravelmente. Com um intervalo de confiança de ± 16.801 , podemos ter 95% de confiança de que a média de B está dentro do intervalo [6.149, 39.751].

Na figura 5.8, apresentamos uma representação visual dos oito tons de cor que correspondem aos limites dos intervalos de confiança das componentes RGB. Cada um desses tons é uma combinação específica dos intervalos de confiança das componentes R, G e B.

Na figura 5.8, é possível ver nomeadamente cores de tons verde e vermelho. Com a representação visual do intervalo de confiança, podemos verificar que, apesar da baixa variação, ainda é fácil distinguir os diferentes tons.



Figura 5.8: Tons associados à emoção Nojo com intervalo de confiança de 95%

Além disso, o desvio padrão, com um valor de 65.719, e o intervalo de confiança da cor, com um valor de 20.626, reforçam a ideia de uma baixa variabilidade mas com algum nível de incerteza associado à média das cores. Nojo é a emoção da qual houve menor incerteza.

Convertendo a média da cor de RGB para HSV obtemos, *hue* (matiz) de 51, uma saturação de 65.8 e um valor de 26.4. Desprezando os valores da saturação e valor, e focando no valor de *hue*, podemos assumir que a cor é principalmente laranja.

Com base nestas análises, podemos concluir que a cor escolhida é uma mistura equilibrada de R e G, com uma presença relativamente baixa de B. Esta é a emoção com menor incerteza, devido ao seu menor valor do desvio padrão, indicando a baixa variabilidade nos componentes R, G e B. Portanto, a cor em si é uma tonalidade escura a tender para R e G. Existe uma tendência para o castanho, visto que essa foi a cor mais escolhida, e na média, obtemos um tom de castanho também.

5.3.9 Conclusões

Foram implementadas 3 rodas para demonstrar visualmente os resultados obtidos. Na primeira roda, figura 5.9, podemos visualizar as cores mais vezes escolhidas pelos utilizadores. No caso da média foram feitas duas rodas. Na segunda roda, figura 5.10, foram utilizados os verdadeiros valores da média em cada uma das emoções. No entanto, na média, as cores têm uma fraca tonalidade devido às várias gamas de cores disponíveis, tanto mais escuras como mais claras. Por esse mesmo motivo, e o facto de, no modelo de Plutchik não variar a saturação e o valor da cor dentro do mesmo anel, foi criada a terceira roda, figura 5.11, com os valores médios da matiz e com a saturação e valor no máximo.

Como se pode ver na figura 5.10, todos os tons da roda com os verdadeiros valores da média surgem escurecidos. Comparativamente dentro destes resultados, o único que se assemelha com os valores do modelo de Plutchik, é a raiva. As restantes emoções parecem diferenciar dos resultados apresentados.

Como se pode verificar, na raiva, e na antecipação, tanto na moda como na média da matiz, coincidem visualmente com o modelo de Plutchik.

No caso da alegria, na moda podemos ver que a cor coincide com a cor do modelo em estudo, no entanto, na média da matiz, já é possível ver uma diferença entre as cores, sendo até a cor da alegria, da roda criada, mais semelhante com a confiança no modelo de Plutchik. Contudo, a diferença do valor médio da matiz (70) e do valor da matiz de amarelo puro (60), não é muito



Figura 5.9: Roda das cores das modas dos valores obtidos



Figura 5.10: Roda das cores das médias dos valores obtidos



Figura 5.11: Roda das cores das matizes médias dos valores obtidos

grande.

No medo e na tristeza, a maioria dos utilizadores associou estes sentimentos a tons de preto e cinza, respetivamente, no caso da moda. Ou seja, nestas duas emoções, não pode ser feita a comparação da matiz com as emoções respetivas no modelo Plutchik, uma vez que nos tons de cinza, branco e preto, a matiz pode ter qualquer valor, que o código da cor e a cor em si, vão se manter idênticos. No entanto, a tristeza, ao contrário do medo é visualmente semelhante à do modelo em estudo, como podemos verificar na roda da figura 5.11.

Já no caso da confiança, surpresa e nojo, tanto na moda como na média da matiz, estes valores destoam dos valores das emoções do modelo em estudo.

Neste estudo podemos concluir que as cores associadas à raiva, antecipação e alegria corroboram o modelo em estudo. No caso da tristeza, se as pessoas forem limitadas a utilizar a saturação e o valor para coincidir com o modelo de Plutchik, este estudo também corrobora o modelo, contudo existe uma maior preferência em associar a tons de cinza. Em relação às restantes emoções, isto é, confiança, medo, surpresa e nojo, não foram obtidos os mesmos resultados do modelo de Plutchik. Contudo é importante enfatizar que o tamanho desta amostra é reduzida, ou seja existe a possibilidade, numa amostra maior e outras culturas, os resultados tenderem para o modelo de Plutchik.

5.4 Segundo estudo (Influência do movimento na interpretação da emoção)

A segunda cena tem o intuito de verificar a influência da presença de um avatar na percepção de uma emoção. Assim, o utilizador analisa as condições do cenário e associa uma das oito

emoções pré-definidas. As emoções utilizadas neste projeto, como já foi referido anteriormente, são as emoções presentes no anel intermédio (figura 4.10). No entanto, na segunda cena a opção "nojo" está também associada a "aborrecimento". Tendo isto em conta, no início da segunda cena, o utilizador foi informado, caso associe uma cena a aborrecimento, a seleccionar a opção nojo.

Nos resultados desta cena, foi calculada a percentagem dos valores esperados, a moda das emoções e foi calculado o desvio padrão e o intervalo de confiança. Vai ser feita uma breve análise dos dados em cada um dos cenários e no fim uma conclusão geral. Antes de prosseguirmos com a análise, é importante enfatizar que, como as variáveis obtidas são texto, para calcular o desvio padrão, converteu-se cada emoção num número.

5.4.1 Cenários onde a animação e a cor representam a mesma emoção

A emoção mais vezes escolhida (moda) no cenário onde tanto a cor como a animação representam raiva, é a própria raiva.

Nesta situação, 51.28% dos utilizadores associou raiva neste cenário. Também podemos dizer que nenhum dos utilizadores associou alegria nestas condições. Ou seja, 48,72% dos utilizadores associou as restantes emoções disponíveis com estas condições.

Foi calculado o desvio padrão, com valor 2.238, e o intervalo de confiança com um nível de confiança de 95%, com valor 0.702.

Com base nestes resultados, podemos concluir que, no cenário onde tanto a cor como a animação têm o intuito de representar raiva, grande parte dos utilizadores percecionou a emoção desejada, uma vez que mais de metade correspondeu com a emoção raiva.

A emoção mais vezes escolhida no cenário onde tanto a cor como a animação representam antecipação, é a própria antecipação.

Nesta situação, 35.90% dos utilizadores associou antecipação neste cenário. Também podemos dizer que nenhum dos utilizadores associou raiva e alegria nestas condições. Ou seja, 64,10% dos utilizadores associou as restantes emoções disponíveis com estas condições.

Foi calculado o desvio padrão, com valor 1.926, e o intervalo de confiança com um nível de confiança de 95%, com valor 0.604.

Com base nestes resultados, podemos concluir que, no cenário onde tanto a cor como a animação têm o intuito de representar antecipação, apesar desta emoção ter sido a mais escolhida, como há um baixo valor do desvio padrão e como duas das emoções nunca foram associadas, podemos então concluir que houve emoções que também foram várias vezes seleccionadas. Tendo isto em conta, podemos sugerir que as condições definidas com o intuito de transmitir antecipação, geram aos utilizadores alguma incerteza.

A emoção mais vezes escolhida no cenário onde tanto a cor como a animação representam alegria, é a própria alegria.

Nesta situação, 51.28% dos utilizadores associou alegria neste cenário. Também podemos

dizer que nenhum dos utilizadores associou medo nestas condições. Ou seja, 48,72% dos utilizadores associou as restantes emoções disponíveis com estas condições.

Foi calculado o desvio padrão, com valor 1.350, e o intervalo de confiança com um nível de confiança de 95%, com valor 0.424.

Com base nestes resultados, podemos concluir que, no cenário onde tanto a cor como a animação têm o intuito de representar alegria, grande parte dos utilizadores percecionou a emoção desejada, uma vez que mais de metade escolheu alegria.

A emoção mais vezes escolhida no cenário onde tanto a cor como a animação representam confiança, é a tristeza.

Nesta situação, 23.08% dos utilizadores associou confiança neste cenário. Ou seja, 76,92% dos utilizadores associou as restantes emoções disponíveis com estas condições.

Foi calculado o desvio padrão, com valor 2.444, e o intervalo de confiança com um nível de confiança de 95%, com valor 0.767.

Com base nestes resultados, podemos concluir que, no cenário onde tanto a cor como a animação têm o intuito de representar confiança, grande parte dos utilizadores não percecionou a emoção desejada, uma vez que menos de um quarto dos utilizadores correspondeu com a emoção confiança, nem foi a emoção mais vezes associada.

Confirma-se que a emoção mais vezes escolhida no cenário onde tanto a cor como a animação representam medo, é o próprio medo.

Nesta situação, 71.79% dos utilizadores associou medo neste cenário. Também podemos dizer que nenhum dos utilizadores associou alegria, confiança, surpresa e nojo nestas condições. Ou seja, 28.21% dos utilizadores associou raiva, antecipação e tristeza nestas condições.

Foi calculado o desvio padrão, com valor 1.755, e o intervalo de confiança com um nível de confiança de 95%, com valor 0.551.

Com base nestes resultados, podemos concluir que, no cenário onde tanto a cor como a animação têm o intuito de representar medo, a maioria dos utilizadores percecionou a emoção desejada.

A emoção mais vezes escolhida no cenário onde tanto a cor como a animação representam surpresa, é a própria surpresa.

Nesta situação, 48.72% dos utilizadores associou surpresa neste cenário. Também podemos dizer que nenhum dos utilizadores associou raiva e tristeza nestas condições. Ou seja, 51.28% dos utilizadores associou as restantes emoções disponíveis com estas condições.

Foi calculado o desvio padrão, com valor 1.503, e o intervalo de confiança com um nível de confiança de 95%, com valor 0.472.

Com base nestes resultados, podemos concluir que, no cenário onde tanto a cor como a animação têm o intuito de representar surpresa, grande parte dos utilizadores percecionou a emoção

desejada, uma vez que quase metade escolheu surpresa.

A emoção mais vezes escolhida no cenário onde tanto a cor como a animação representam tristeza, é a própria tristeza.

Nesta situação, 74.36% dos utilizadores associou tristeza neste cenário. Também podemos dizer que nenhum dos utilizadores associou alegria e surpresa nestas condições. Ou seja, 25.64% dos utilizadores associou as restantes emoções disponíveis com estas condições.

Foi calculado o desvio padrão, com valor 1.714, e o intervalo de confiança com um nível de confiança de 95%, com valor 0.538.

Com base nestes resultados, podemos concluir que, no cenário onde tanto a cor e a animação tem o intuito de representar tristeza, a maioria dos utilizadores percecionou a emoção desejada.

No cenário onde tanto a cor como a animação representam nojo, as emoções mais vezes escolhidas são confiança e antecipação.

Nesta situação, 12.82% dos utilizadores associou nojo neste cenário. Também podemos dizer que nenhum dos utilizadores associou surpresa nestas condições. Ou seja, 87.18% dos utilizadores associou as restantes emoções disponíveis com estas condições.

Foi calculado o desvio padrão, com valor 2.221, e o intervalo de confiança com um nível de confiança de 95%, com valor 0.697.

Com base nestes resultados, podemos concluir que, no cenário onde tanto a cor como a animação têm o intuito de representar nojo, a maioria dos utilizadores não percecionou a emoção desejada, apenas cerca de 13% dos utilizadores correspondeu escolheu confiança, ficando mais divididos entre confiança, a sua emoção oposta, e antecipação.

Em baixo está representada a tabela 5.4 com os valores obtidos nestas cenas, no qual, tanto a animação e a cor representam as mesmas emoções. A. representa animação e C. representa cor.

Tabela 5.4: Resultados onde a animação e a cor representam a mesma emoção

A. e C. iguais	% Correta	D.P	I.C. 95%	Moda
Raiva	51.28%	2.238	0.702	Raiva
Antecipação	35.90%	1.926	0.604	Antecipação
Alegria	51.28%	1.350	0.424	Alegria
Confiança	23.08%	2.444	0.767	Tristeza
Medo	71.79%	1.755	0.551	Medo
Surpresa	48.72%	1.503	0.472	Surpresa
Tristeza	74.36%	1.714	0.538	Tristeza
Nojo	12.82%	2.221	0.697	Confiança e Antecipação

5.4.2 Cenários onde a animação e a cor representam emoções opostas

A emoção mais vezes escolhida (moda) no cenário onde a animação representa raiva e a cor medo, foi a raiva.

Nesta situação, 43.59% dos utilizadores associou raiva e apenas 5.13% dos utilizadores associou medo. Também podemos dizer que nenhum dos utilizadores associou alegria e surpresa nestas condições. Ou seja, 51,28% dos utilizadores associou as restantes emoções disponíveis com estas condições.

Foi calculado o desvio padrão, com valor 2.465, e o intervalo de confiança com um nível de confiança de 95%, com valor 0.774.

Com base nestes resultados, podemos concluir que, no cenário onde a animação tem o intuito de representar raiva e a cor medo, grande parte dos utilizadores valorizou a emoção transmitida pela animação.

A emoção mais vezes escolhida no cenário onde a animação representa antecipação e a cor surpresa, foi a antecipação.

Nesta situação, 38.46% dos utilizadores associou antecipação e 28.21% dos utilizadores associou surpresa. Também podemos dizer que nenhum dos utilizadores associou alegria, tristeza e nojo nestas condições. Ou seja, 33.33% dos utilizadores associou raiva, confiança e medo com estas condições.

Foi calculado o desvio padrão, com valor 1.949, e o intervalo de confiança com um nível de confiança de 95%, com valor 0.612.

Com base nestes resultados, podemos concluir que, no cenário onde a animação tem o intuito de representar antecipação e a cor surpresa, os utilizadores valorizaram mais a emoção transmitida pela animação, no entanto é relativamente uniforme com a emoção da cor.

A emoção mais vezes escolhida no cenário onde a animação representa alegria e a cor tristeza, foi a alegria.

Nesta situação, 46.15% dos utilizadores associou alegria e nenhum dos utilizadores associou tristeza. Ou seja, 53,85% dos utilizadores associou as restantes emoções disponíveis com estas condições.

Foi calculado o desvio padrão, com valor 1.337, e o intervalo de confiança com um nível de confiança de 95%, com valor 0.420.

Com base nestes resultados, podemos concluir que, no cenário onde a animação tem o intuito de representar alegria e a cor tristeza, os utilizadores valorizaram a emoção transmitida pela animação, desprezando completamente a emoção transmitida pela cor.

A emoção mais vezes escolhida no cenário onde a animação representa confiança e a cor nojo, foi a tristeza.

Nesta situação, 5.13% dos utilizadores associou confiança e 30.77% dos utilizadores associou

nojo. Também podemos dizer que nenhum dos utilizadores associou alegria nestas condições. Ou seja, 64.10% dos utilizadores associou as restantes emoções disponíveis com estas condições.

Foi calculado o desvio padrão, com valor 2.235, e o intervalo de confiança com um nível de confiança de 95%, com valor 0.701.

Com base nestes resultados, podemos concluir que, no cenário onde a animação tem o intuito de representar confiança e a cor nojo, a maioria dos utilizadores escolheu uma emoção distinta daquela sugerida pela animação e pela cor.

A emoção mais vezes escolhida no cenário onde a animação representa medo e a cor raiva, foi o medo.

Nesta situação, 56.41% dos utilizadores associou medo e 17.95% dos utilizadores associou raiva. Ou seja, 28.21% dos utilizadores associou as restantes emoções disponíveis com estas condições.

Foi calculado o desvio padrão, com valor 2.037, e o intervalo de confiança com um nível de confiança de 95%, com valor 0.639.

Com base nestes resultados, podemos concluir que, no cenário onde a animação tem o intuito de representar medo e a cor raiva, grande parte dos utilizadores valorizou a emoção transmitida pela animação.

A emoção mais vezes escolhida no cenário onde a animação representa surpresa e a cor antecipação, foi a surpresa.

Nesta situação, 43.59% dos utilizadores associou surpresa e 17.95% dos utilizadores associou antecipação. Ou seja, 38.46% dos utilizadores associou as restantes emoções disponíveis com estas condições.

Foi calculado o desvio padrão, com valor 1.831, e o intervalo de confiança com um nível de confiança de 95%, com valor 0.575.

Com base nestes resultados, podemos concluir que, no cenário onde a animação tem o intuito de representar surpresa e a cor antecipação, mais utilizadores valorizaram a emoção transmitida pela animação.

A emoção mais vezes escolhida no cenário onde a animação representa tristeza e a cor alegria, foi a tristeza.

Nesta situação, 74.36% dos utilizadores associou medo e nenhum dos utilizadores associou alegria. Também podemos dizer que nenhum dos utilizadores associou antecipação nestas condições. Ou seja, 25.64% dos utilizadores associou as restantes emoções disponíveis com estas condições.

Foi calculado o desvio padrão, com valor 1.498, e o intervalo de confiança com um nível de confiança de 95%, com valor 0.470.

Com base nestes resultados, podemos concluir que, no cenário onde a animação tem o intuito de representar tristeza e a cor alegria, os utilizadores valorizaram a emoção transmitida pela

animação, desprezando completamente a emoção transmitida pela cor.

A emoção mais vezes escolhida no cenário onde a animação representa nojo e a cor confiança, foi a antecipação.

Nesta situação, 5.13% dos utilizadores associou medo e 25.64% dos utilizadores associou nojo. Também podemos dizer que nenhum dos utilizadores associou surpresa e tristeza nestas condições. Ou seja, 69.23% dos utilizadores associou as restantes emoções disponíveis com estas condições.

Foi calculado o desvio padrão, com valor 1.704, e o intervalo de confiança com um nível de confiança de 95%, com valor 0.535.

Com base nestes resultados, podemos concluir que, no cenário onde a animação tem o intuito de representar nojo e a cor confiança, a maioria dos utilizadores escolheu uma emoção distinta daquela sugerida pela animação e pela cor.

Em baixo está representada a tabela 5.5 com os valores obtidos nestas cenas, no qual, a animação e a cor representam emoções opostas. A. representa animação e C. representa cor.

Tabela 5.5: Resultados onde a animação e a cor representam emoções opostas

Emoção da A.	Emoção da C.	% Animação	% Cor	D.P	I.C. 95%	Moda
Raiva	Medo	43.59%	5.13%	2.465	0.774	Raiva
Antecipação	Surpresa	38.46%	28.21%	1.949	0.612	Antecipação
Alegria	Tristeza	46.15%	0.00%	1.337	0.420	Alegria
Confiança	Nojo	5.13%	30.77%	2.235	0.701	Tristeza
Medo	Raiva	56.41%	17.95%	2.037	0.639	Medo
Surpresa	Antecipação	43.59%	17.95%	1.831	0.575	Surpresa
Tristeza	Alegria	74.36%	0.00%	1.498	0.470	Tristeza
Nojo	Confiança	5.13%	25.64%	1.704	0.535	Antecipação

5.4.3 Cenários onde a a cor representa uma emoção e o avatar está presente em *idle*

A emoção mais vezes escolhida no cenário onde a cor representa raiva com um avatar presente em *idle*, foi a confiança.

Nesta situação, 20.51% dos utilizadores associou raiva e 41.03% dos utilizadores associou confiança. Também podemos dizer que nenhum dos utilizadores associou alegria nestas condições.

Foi calculado o desvio padrão, com valor 2.361, e o intervalo de confiança com um nível de confiança de 95%, com valor 0.741.

Com base nestes resultados, podemos concluir que, no cenário onde a cor representa raiva com um avatar presente em *idle*, grande parte dos utilizadores percecionou a emoção confiança.

A emoção mais vezes escolhida no cenário onde a cor representa antecipação com um avatar presente em *idle*, foi a confiança.

Nesta situação, 20.51% dos utilizadores associou antecipação e 41.03% dos utilizadores associou confiança. Também podemos dizer que nenhum dos utilizadores associou tristeza nestas condições.

Foi calculado o desvio padrão, com valor 1.595, e o intervalo de confiança com um nível de confiança de 95%, com valor 0.501.

Com base nestes resultados, podemos concluir que, no cenário onde a cor representa antecipação com um avatar presente em *idle*, grande parte dos utilizadores percecionou a emoção confiança.

A emoção mais vezes escolhida no cenário onde a cor representa alegria com um avatar presente em *idle*, foi a confiança.

Nesta situação, 12.82% dos utilizadores associou alegria e 38.46% dos utilizadores associou confiança.

Foi calculado o desvio padrão, com valor 1.790, e o intervalo de confiança com um nível de confiança de 95%, com valor 0.562.

Com base nestes resultados, podemos concluir que, no cenário onde a cor representa alegria com um avatar presente em *idle*, grande parte dos utilizadores percecionou a emoção confiança.

A emoção mais vezes escolhida no cenário onde a cor representa confiança com um avatar presente em *idle*, foi a própria confiança.

Nesta situação, 53.85% dos utilizadores associou confiança. Também podemos dizer que nenhum dos utilizadores associou tristeza nestas condições.

Foi calculado o desvio padrão, com valor 1.579, e o intervalo de confiança com um nível de confiança de 95%, com valor 0.496.

Com base nestes resultados, podemos concluir que, no cenário onde a cor representa confiança com um avatar presente em *idle*, grande parte dos utilizadores percecionou a emoção confiança.

A emoção mais vezes escolhida no cenário onde a cor representa medo com um avatar presente em *idle*, foi a confiança.

Nesta situação, 23.08% dos utilizadores associou medo e 25.64% dos utilizadores associou confiança.

Foi calculado o desvio padrão, com valor 1.903, e o intervalo de confiança com um nível de confiança de 95%, com valor 0.597.

Com base nestes resultados, podemos concluir que, no cenário onde a cor representa medo com um avatar presente em *idle*, grande parte dos utilizadores percecionou a emoção confiança.

A emoção mais vezes escolhida no cenário onde a cor representa surpresa com um avatar presente em *idle*, foi a confiança.

Nesta situação, 12.82% dos utilizadores associou antecipação e 43.59% dos utilizadores associou confiança.

Foi calculado o desvio padrão, com valor 1.970, e o intervalo de confiança com um nível de confiança de 95%, com valor 0.618.

Com base nestes resultados, podemos concluir que, no cenário onde a cor representa surpresa com um avatar presente em *idle*, grande parte dos utilizadores percecionou a emoção confiança.

A emoção mais vezes escolhida no cenário onde a cor representa tristeza com um avatar presente em *idle*, foi a e tristeza e confiança.

Nesta situação, 20.51% dos utilizadores associou tristeza e a mesma percentagem de utilizadores associou confiança.

Foi calculado o desvio padrão, com valor 2.059, e o intervalo de confiança com um nível de confiança de 95%, com valor 0.646.

Com base nestes resultados, podemos concluir que, no cenário onde a cor representa tristeza com um avatar presente em *idle*, os utilizadores ficaram divididos pela emoção da cor transmitida com confiança.

A emoção mais vezes escolhida no cenário onde a cor representa nojo com um avatar presente em *idle*, foi a confiança.

Nesta situação, 17.95% dos utilizadores associou nojo e 30.77% dos utilizadores associou confiança. Também podemos dizer que nenhum dos utilizadores associou tristeza nestas condições.

Foi calculado o desvio padrão, com valor 2.231, e o intervalo de confiança com um nível de confiança de 95%, com valor 0.700.

Com base nestes resultados, podemos concluir que, no cenário onde a cor representa nojo com um avatar presente em *idle*, mais utilizadores percecionam a emoção confiança.

Em baixo está representada a tabela 5.6 com os valores obtidos nestas cenas, no qual, a cor representa uma emoção e o avatar está presente em *idle*.

Tabela 5.6: Resultados onde apenas a cor representa a emoção

Cor e <i>Idle</i>	% Correta	D.P	I.C. 95%	Moda
Raiva	20.51%	2.361	0.741	Confiança
Antecipação	20.51%	1.595	0.501	Confiança
Alegria	12.82%	1.790	0.562	Confiança
Confiança	53.85%	1.579	0.496	Confiança
Medo	23.08%	1.903	0.597	Confiança
Surpresa	12.82%	1.970	0.618	Confiança
Tristeza	25.64%	2.059	0.646	Tristeza e Confiança
Nojo	17.95%	2.231	0.700	Confiança

5.4.4 Conclusões

Nos cenários onde a cor e a animação têm o intuito de transmitir a mesma emoção, na maioria das situações conseguimos exprimir a emoção desejada através do cenário, à exceção dos cenários de

confiança e nojo/aborrecimento, que foram associados mais vezes a tristeza e confiança/antecipação respetivamente.

Nos cenários onde a cor e a animação têm o intuito de transmitir emoções opostas, na maioria das situações conseguimos exprimir a emoção desejada através da emoção transmitida pela animação, à excepção dos cenários de confiança e nojo/aborrecimento, que foram associados mais vezes a tristeza e antecipação respetivamente.

Na moda, podemos verificar que, em ambos os tipos de cenários referidos em cima, os resultados da moda são os mesmos quando a emoção da animação coincide nestes dois cenários. Por outras palavras, na cena onde a cor e a animação têm o intuito de transmitir raiva e na cena onde a animação tem o intuito de transmitir raiva e a cor medo, o resultado é o mesmo, onde neste caso, é raiva. O facto de em todas as situações o resultado da moda ser o mesmo e os valores da percentagem serem consideravelmente grandes, até incluindo nos cenários onde os resultados não foram os esperados, podemos concluir que a presença do avatar tem extrema influência no cenário.

Nos cenários onde a cor tem o intuito de transmitir uma emoção e o avatar está presente em *idle*, a moda em todos os cenários foi confiança e a sua percentagem é geralmente elevada. Nestes cenários podemos reforçar que a presença do avatar tem extrema influência, uma vez que apenas a sua presença em *idle* tem maior influência que o resto do cenário.

Também podemos verificar que nos primeiros dois tipos de cenários referidos em cima, as únicas emoções que não obtiveram qualquer resultado esperado foram a confiança e o nojo. Esta ideia está a ser realçada uma vez que estas emoções são opostas.

Contudo, é importante enfatizar que, as animações escolhidas para expressar uma emoção, foram escolhidas apenas pelo investigador, o que cria a possibilidade de que a maioria dos utilizadores, na amostra recolhida, não associe a mesma emoção. Esta ideia ainda se verificou mais viável quando foi observado que, no cenário da confiança, na amostra de 39 utilizadores, apenas 9 deles concordaram com esta emoção e apenas 5 utilizadores é que concordaram no cenário de nojo/aborrecimento. No trabalho futuro serão referidas hipóteses que surgiram para tentar exprimir mais claramente a emoção desejada.

No seguinte link é possível ver as cenas do teste: https://drive.google.com/file/d/1oafw4lQB8WJPJkc_Km8qEAjvvM7PxFaT/view?usp=sharing

Capítulo 6

Conclusões e trabalho futuro

6.1 Conclusões

Os resultados deste estudo permitiram tirar conclusões sobre a interpretação emocional de estímulos visuais, destacando a influência significativa da representação gráfica na percepção das emoções. Ao explorar a associação entre cores, emoções e animações pré-definidas, foram tiradas as seguintes conclusões.

No estudo que analisa o modelo de Plutchik podemos concluir que numa cena onde os utilizadores estão limitados a cores com apenas diferentes valores de matiz, as cores associadas à raiva, antecipação, alegria e tristeza, corroboram o modelo em estudo. No caso das cores associadas a confiança, medo, surpresa e nojo, os resultados não foram os esperados.

No segundo estudo, nas cenas onde cores e animações representavam a mesma emoção, a maioria dos utilizadores foi capaz de associar corretamente a emoção desejada o que valida os modelos de animação escolhidos (com exceção da confiança e aborrecimento).

No estudo em que os estímulos visuais representavam emoções opostas, a interpretação emocional tendeu a coincidir com a emoção transmitida pela animação, destacando a importância da representação visual e do movimento na percepção emocional.

Além disso, quando a cor representava uma emoção e um avatar estava em estado *idle*, a presença do avatar exercia uma influência significativa na percepção emocional dos utilizadores. A maioria associou a emoção confiança, onde nos comentários indicaram que era a emoção transmitida pelo avatar, ignorando a emoção representada pela cor.

Os resultados sugerem que a figura se sobrepõe ao fundo, mesmo no reconhecimento da emoção. É preciso considerar a seleção cuidadosa de estímulos visuais ao projetar interfaces ou ambientes que procuram obter respostas emocionais específicas.

Apesar das conclusões observadas, seria interessante expandir o tamanho da amostra para obter uma compreensão mais abrangente e sólida das respostas emocionais. Propõe-se que futuros estudos considerem variações nos estímulos visuais para melhor capturar a diversidade na

interpretação emocional.

6.2 Trabalho futuro

Ao longo dos testes, foi pedido aos utilizadores para fazerem comentários ou sugestões em relação à experiência. Num dos comentários, foi referida a ferramenta Plask[27]. Como referido anteriormente, uma das limitações deste projeto foi a utilização de animações pré-feitas disponíveis no Mixamo. Algumas das animações, conseguem expressar a emoção pretendida, contudo, em certas emoções, houve a dificuldade de encontrar uma animação adequada para a sua representação. Com esta ferramenta, seria possível recriar o teste onde novos *idles* seriam criados na ferramenta Plask, focados no seu propósito, para expressar melhor uma emoção apenas com a expressão corporal.

Este trabalho também poderia ser aprofundado, testando igualmente a influência dos efeitos especiais na percepção global da emoção. Nos primeiros projetos criados, foram exploradas as ferramentas Particle System, Shader Graph e Visual Effect Graph. Com estas ferramentas poderiam ser feitos testes semelhantes aos feitos nesta tese, ou seja, estudar uma cena apenas com um avatar com estes efeitos, um cenário com estes efeitos e por fim, uma combinação destes três, ou seja, do avatar, do cenário e dos efeitos especiais.

Outra ramificação que poderia ser feita a partir deste estudo seria confirmar estes resultados em um ambiente de realidade virtual ou recorrer a realidade virtual com a Kinect. O utilizador estaria cercado numa cena onde estaria incorporado num avatar que replicava os movimentos realizados pelo utilizador, visto que os seus movimentos eram capturados pela Kinect. Numa cena imersiva como esta, juntamente com efeitos especiais e as cores, mais um estudo podia ser feito na percepção de emoções.

Bibliografia

- [1] Unity Asset Store. Kinect v1 hand game starter kit. <https://assetstore.unity.com/packages/templates/packs/kinect-v1-hand-game-starter-kit-16767>. 22 December 2023.
- [2] Keijiro Takahashi. Smrvfx repository. <https://github.com/keijiro/Smrvfx>. 22 December 2023.
- [3] Unity Asset Store. Kinect and kinectextras with ms sdk - playmaker actions. <https://assetstore.unity.com/packages/tools/input-management/kinect-and-kinectextras-with-ms-sdk-playmaker-actions-20587>. 22 December 2023.
- [4] ResearchGate. Plutchik's wheel of emotions. https://www.researchgate.net/figure/Plutchiks-wheel-of-emotions-with-basic-emotions-and-derivative-emotions-fig1_258313558. 22 December 2023.
- [5] University of Southern Denmark. Kinect for xbox 360. https://www.sdu.dk/en/om_sdu/institutter_centre/mdle/forskning/projekter/human-robot-interaction/about_the_hri_lab/robot-zoo/kinect-for-xbox-360. 27 September 2023.
- [6] iTechify. Virtual reality (vr) - explained simply. <https://itechify.com/2016/04/27/virtual-reality-vr/>, 2016. 15 July 2023.
- [7] Robert Plutchik. The nature of emotions: Human emotions have deep evolutionary roots, a fact that may explain their complexity and provide tools for clinical practice. *American Scientist*, 89(4):344–350, 2001.
- [8] J.M. Zheng, K.W. Chan, and Ian Gibson. Virtual reality. 17:20 – 23, 1998. IEEE.
- [9] Midori Kitagawa and Brian Windsor. *MoCap for Artists: Workflow and Techniques for Motion Capture*. Focal Press, 2008.
- [10] Deepak Tolani, Ambarish Goswami, and Norman Ira Badler. Real-time inverse kinematics techniques for anthropomorphic limbs. 62:36, 2000. IEEE.

- [11] Xubo Yang, Milo Yip, and Xiaoyue Xu. Visual effects in computer games. 42:48 – 56, 2009. IEEE.
- [12] Nele Dael, Marcello Mortillaro, and Klaus R. Scherer. Emotion expression in body action and posture. *Emotion*, 12(5):1085–1101, 2012.
- [13] Seung Hyun Cha, Shaojie Zhang, and Tae Wan Kim. Effects of interior color schemes on emotion, task performance, and heart rate in immersive virtual environments. *Journal of Interior Design*, 45(4):51–65, 2020.
- [14] Monica Billger, Ilona Heldal, and Beata Stahre Wästberg. Perception of colour and space in virtual reality: A comparison between a real room and virtual reality models. In *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, 2004.
- [15] Kazunori Terada, Atsushi Yamauchi, and Atsuo Ito. Artificial emotion expression for a robot by dynamic color change. In *2012 IEEE RO-MAN: The 21st IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pages 314–321, 2012.
- [16] Mohsin Manshad Abbasi and Anatoly Beltiukov. Summarizing emotions from text using plutchik’s wheel of emotions. In *7th Scientific Conference on Information Technologies for Intelligent Decision Making Support (ITIDS 2019)*, volume 166 of *Advances in Intelligent Systems Research*. Atlantis Press, 2019.
- [17] Mitsuhiro Hanada. Correspondence analysis of color–emotion associations. *Color Research and Application*, 43:224–237, 2018.
- [18] Cynthia Breazeal. Function meets style: insights from emotion theory applied to hri. *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on*, 34(2):187–194, 2004.
- [19] Kazuhiro Itoh, Hiroshi Miwa, M. Matsumoto, Massimiliano Zecca, Hideaki Takanobu, Stefano Roccella, Maria Chiara Carrozza, Paolo Dario, and Atsuo Takanishi. Mechanisms and functions for a humanoid robot to express human-like emotions. In *Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pages 4390–4392, 2006.
- [20] Michael Argyle. *Bodily Communication*, volume 581 of *University Paperbacks*. International Universities Press, 1975.
- [21] Unity Documentation. Particle system. <https://docs.unity3d.com/Manual/class-ParticleSystem.html>, 2022. 29 December 2022.
- [22] Nicolas Alejandro Borromeo. *Hands-On Unity 2020 Game Development: Build, customize, and optimize professional games using Unity 2020 and C#*. Packt Publishing Ltd, 2020.
- [23] Unity Documentation. Particle systems. <https://docs.unity3d.com/Manual/ParticleSystem.html>, 2022. 29 December 2022.

- [24] Unity Documentation. Using shader graph. <https://docs.unity3d.com/Manual/shader-graph.html>, 2022. 29 December 2022.
- [25] Mohammed Samir, Ehsan Golkar, and Ashrani Aizzuddin Abd Rahni. Comparison between the kinect™ v1 and kinect™ v2 for respiratory motion tracking. page 6, 2015. IEEE.
- [26] Move.ai. <https://www.move.ai/>. Accessed: 7-06-2023.
- [27] Plask AI. Plask knowledge documentation. <https://knowledge.plask.ai/documentation#motion-capture>. Accessed: 21-07-2023.
- [28] Ajay Kapur, George Tzanetakis, Naznin Virji-Babul, Ge Wang, and Perry R. Cook. A framework for sonification of vicon motion capture data. In *Proceedings of the 8th International Conference on Digital Audio Effects (DAFX-05)*, DAFX-1, Madrid, Spain, September 20-22 2005.
- [29] John W. Eaton, David Bateman, Søren Hauberg, and Rik Wehbring. Gnu octave: A high-level interactive language for numerical computations. <https://docs.octave.org/octave.pdf>, 2023. Edition 8 for Octave version 8.1.0, March 2023.
- [30] GNU Octave. About gnu octave. <https://octave.org/about>. 22 December 2023.
- [31] Diederick C. Niehorster, Li Li, and Markus Lappe. The accuracy and precision of position and orientation tracking in the htc vive virtual reality system for scientific research. *i-Perception*, 8(3):23, 2017.
- [32] Liwei Zhao and Norman Ira Badler. *Synthesis and acquisition of Laban movement analysis qualitative parameters for communicative gestures*. PhD thesis, University of Pennsylvania, 2001.
- [33] Adobe Inc. Mixamo. <https://www.mixamo.com/#/>, 2008. 29 December 2022.
- [34] Unity Documentation. Visual effect graph. <https://docs.unity3d.com/Manual/com.unity.visualeffectgraph.html>, 2022. 29 December 2022.
- [35] Paniz Mousavi Samimi and Nasim Sadraei Tabatabaei. Preschool children’s indoor and outdoor playground hsv color preferences. *Color Research and Application*, 47(3):745–757, 2022.
- [36] Olivier Lartillot. Miningsuite. <https://olivierlar.github.io/miningsuite/>. 10 September 2023.
- [37] Olivier Lartillot. Miningsuite wiki. <https://github.com/olivierlar/miningsuite/wiki>. 10 September 2023.

