

COLORAÇÃO DA IMAGEM ATRAVÉS DO SOM

SOM E COR

Samanta Domingues

Setembro de 2014

Dissertação Mestrado em Design e Multimédia
Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra

COLORAÇÃO DA IMAGEM ATRAVÉS DO SOM

SOM E COR

Samanta Domingues
Orientação: Amílcar Cardoso e Pedro Martins

Setembro de 2014

*For all those colours which you wish to be beautiful,
always start with a fresh white ground.*

Leonardo Da Vinci

RESUMO

Desde o século XIX que muitos artistas procuram explorar a ideia de sinestesia, encontrando uma relação entre duas sensações distintas. Vasily Kandinsky (1866-1944) foi um dos artistas que estudou a união de sensações, explorando a harmonia entre a relação som-cor. Assim, utilizou expressões musicais para descrever as suas pinturas, nomeadamente “composições” e “improvisos”.

Actualmente, com o avanço tecnológico, o consumo de imagens tem aumentado significativamente, sendo este aumento mais evidenciado com o aparecimento das câmaras digitais, acessíveis na maioria dos dispositivos tecnológicos. Com este projecto pretendeu-se unir o som e a cor, através de um mapeamento, possibilitando a criação de uma imagem representativa de multisensorialidade, não só “materializando” o que é visível, “congelando” um instante, como também o que é audível, registando na fotografia as características sonoras do momento. Ao processo de mapeamento entre som e cor precedem-se duas etapas principais: extracção das características sonoras e classificação do som. Após o resultado da classificação é realizada a atribuição de cor à imagem.

Para a realização deste projecto foi necessário construir um catálogo de sons, onde estes foram separados por categorias. Após esta etapa desenvolveu-se um programa para a extracção das principais características sonoras, para que estas fizessem parte constituinte de um conjunto de treino e teste. Este conjunto criado foi utilizado para a formação de um classificador de sons sendo, até à data, a taxa de sons correctamente classificados de 62%. Posteriormente, foi criada uma paleta de cores associada a cada uma das categorias, e desenvolvido um programa que procede à coloração da imagem, previamente transformada em tons de cinza.

Com o desenvolvimento deste projecto resultou a criação de um protótipo de uma aplicação representativa de todo o processo desenvolvido. A aplicação permite ao utilizador a captura e upload de uma imagem em níveis de cinzento e de um som. Após a definição do som, a aplicação procede à sua classificação e, estando esta concluída, é apresentada ao utilizador a imagem resultante do processo de coloração. Com este processo concluído, o utilizador tem a opção de atribuir efeitos visuais de acordo com o som analisado, proporcionando uma visualização dinâmica do som sobre a imagem. Esta aplicação permite ao utilizador guardar uma imagem representativa da multisensorialidade, ou mesmo os ficheiros originais, som e imagem, para uma posterior utilização.

PALAVRAS-CHAVE

Sinestesia
Mapeamento som-cor
Extracção de características
Coloração
Fotografia

ABSTRACT

Since the 19th century, several artists have been trying to explore the synesthesia idea, finding a relation between two distinct sensations. Vasily Kandinsky (1866-1944) was one of the artists that studied the union of sensations, exploring the harmony between sound and color. As a result, he used musical expressions to describe his paintings, namely “composition” and “improvisation”.

Nowadays, with the technological advances, the image consumption has significantly increased. The availability of digital cameras in almost every technological device has made this evolution more visible. With this project, we intend to connect audition with vision by mapping sound and color. More concretely, our aim is the creation of a representative image of multisensoriality, by “materializing” what is visible and what is audible, by “freezing” an instant, registering in photograph the sound features of the moment. The process of mapping between sound and color develops in three main tasks: extraction of sound features, sound classification and ascribing color to the image, taking into account the result of the two previous tasks.

To accomplish this, it was necessary to create a catalog of sounds organized in a number of different categories. Afterwards, we developed a program for the extraction of the main characteristics of sound, and used it to train-and-test a classifier. At the current stage of the research, we were able to obtain a success rate of 62%. Then, we associated a color palette to each category identified by the classifier, and developed a program that performs coloration of grayscale images according to the category of sound identified by the classifier.

We present the prototype of an application that implements the above process. The application allows the user to capture and upload a grayscale image, and the surrounding sound. The sound is then classified, the application presents the image to the user, and then performs the coloration. After this process, the user has the option to add visual effects, dependent on the features of the analyzed sound, providing a dynamic visualization of the sound over the image. This application allows the user to save the final multisensorial artifact, as well as the originals files, sound and image, for a later utilization.

KEYWORDS

Synesthesia
Sound-color mapping
Feature extraction
Coloring
Photography

*À minha irmã
um grande Obrigada.*

*Obrigada à minha família.
Obrigada aos meus Amigos.
Obrigada aos meus Orientadores.*

ÍNDICE

1	<u>Introdução</u>	19
	1.1 Motivação	20
	1.2 Enquadramento	20
	1.3 Âmbito	21
	1.4 Objectivos	21
	1.5 Contributos Esperados	21
	1.6 Estrutura do Documento	21
2	<u>Estado da Arte</u>	23
	2.1 Som	24
	2.2 Cor	27
	2.3 A imagem e a Fotografia	38
	2.4 Sinestesia	53
	2.5 Mapeamento Entre Som e Cor	56
3	<u>Plano de Trabalho e Metodologias</u>	65
	3.1 Plano de Trabalho	66
	3.2 Metodologias	67
4	<u>Projecto</u>	69
	4.1 Conceptualização e Directrizes	70
	4.2 Exploração Preliminar	70
	4.3 Desenvolvimento Prático	72
	4.3.1 Classificação do Som	72
	4.3.2 Mapeamento Som-Cor	88
	4.3.3 Coloração	95
	4.3.4 Exploração	102
	4.4 Aplicação	106
5	<u>Avaliação</u>	117
6	<u>Conclusão</u>	121
	<u>Referências</u>	125

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Representação de uma onda sonora. λ define o comprimento de onda, y a amplitude e o eixo horizontal a direcção de propagação. 24
- Figura 2 – Representação do espectro sonoro. 25
- Figura 3 – Representação do olho humano, com ampliação de parte da retina. 27
- Figura 4 – Representação do “espectro da luz solar”, obtido por Isaac Newton. Adaptado de [Nautilus N.D.]. 28
- Figura 5 – Representação do modelo de cor aditivo RGB. 29
- Figura 6 – Representação do modelo de cor subtractivo CMY. 30
- Figura 7 – Representação do modelo de cor HSV. 30
- Figura 8 – Círculo de cor desenhado por Goethe em 1809. 31
- Figura 9 – O círculo de 12 cores de Itten. 32
- Figura 10 – Contraste de tonalidades ilustrado por Itten. 33
- Figura 11 – Contraste claro-escuro ilustrado por Itten. 33
- Figura 12 – Contraste frio-quente ilustrado por Itten. 34
- Figura 13 – Contraste complementar ilustrado por Itten. 34
- Figura 14 – Contraste simultâneo ilustrado por Itten. 34
- Figura 15 – Contraste de saturação ilustrado por Itten. 35
- Figura 16 – Contraste de extensão ilustrado por Itten. 35
- Figura 17 – *A color has many faces—the relativity of color* [Albers 2006]. 37
- Figura 18 – *Reversed grounds* [Albers 2006]. 37
- Figura 19 – *Film and volume color* [Albers 2006]. 38
- Figura 20 – *David e Golias* – Michelangelo Caravaggio, 1599. 39
- Figura 21 – *The Horse in Motion*, Muybridge, 1879. 40
- Figura 22 – *Portrait Parle class, France*, Bertillon, entre 1910 e 1915. 41
- Figura 23 – *Specimens of Composite Portraiture*, Galton, 1883. 42
- Figura 24 e 25 – Trotsky, à direita, cumprimenta um desfile pela Praça Vermelha de Moscovo, 1919 (24). Em 1927, Stalin expulsa Trotsky do Partido Comunista e manda retirá-lo da imagem original (25). 43
- Figura 26 – *Elevator – Miami Beach, 1955*, Frank. 44
- Figura 27 – *Untitled*, Billingham, 1994–1995. 46
- Figura 28 – *Ken Moody*, Mapplethorpe, 1983. 47
- Figura 29 – *Derrick Cross*, Mapplethorpe, 1985. 47
- Figura 30 – *Thomas*, Mapplethorpe, 1987. 47
- Figura 31 – *Patti Smith*, Mapplethorpe, 1976. 47
- Figura 32 – *Lisa Lyon*, Mapplethorpe, 1980. 47
- Figura 33 – *Lisa Lyon*, Mapplethorpe, 1981. 47
- Figura 34 – *Streamside Day*, Huyghe, 2003. 48
- Figura 35 – *Untilled*, Huyghe, 2011. 48
- Figura 36 – *This is not a time for dreaming*, Huyghe, 2004. 48
- Figura 37 – Série *Bram Stoker’s Chair*, Wood, 2005. 49

- Figura 38 – *Mimic*, Wall, 1982. 50
- Figura 39 – *Milk*, Wall, 1984. 50
- Figura 40 – *After 'Invisible Man' by Ralph Ellison, the Prologue*, Wall, 1999–2000. 50
- Figura 41 – *The Destroyed Room*, Wall, 1978. 51
- Figura 42 – *The Ballad of Sexual Dependency*, Goldin, 1978–1986. 52
- Figura 43 – *Orlando and Lily dancing, Brooklyn*, Goldin, 2006. 52
- Figura 44 – *Ava twirling, NYC*, Goldin, 2007. 52
- Figura 45 – *Mia hugging Georgia, London*, Goldin, 2007. 52
- Figura 46 – Captura de ecrã da animação desenhada por Michel Gagné no filme *Ratatouille*, 2007. Gagne representa de forma abstracta o que o personagem Remy degusta: queijo e morango. 53
- Figura 47 – Associação de uma forma a um número. Captura de ecrã do vídeo *Diferentes formas de saber*, conferências Ted, Daniel Tammet. 55
- Figura 48 – Resolução do cálculo matemático 53x131. Captura de ecrã do vídeo *Diferentes formas de saber*, conferências Ted, Daniel Tammet. 55
- Figura 49 – Pintura representativa do número Pi. Captura de ecrã do vídeo *Diferentes formas de saber*, conferências Ted, Daniel Tammet. 56
- Figura 50 – Comparação da correspondência entre cor e música de Isaac Newton e Louis Bertrand Castel. 57
- Figura 51 – Wilfred ensaia uma das suas composições Lumia para a tournée mundial de 1924–1925. Fonte: [Peacock 1988]. 59
- Figura 52 – Obra de Kandinsky, *Composition VIII*, 1923. 61
- Figura 53 – *Kandinsky-like*. Composições geradas no projecto ArtVox. Fonte: [Moroni et al. 2006]. 61
- Figura 54 – Correspondência entre cor e frequência sonora. Fonte: [Macedo 2009]. 62
- Figura 55 – Hiper-instrumento *Colmus*. Fonte: [Macedo 2009]. 63
- Figura 56 – Esquema representativo da criação de uma imagem sinestésica. 70
- Figura 57 – Esquema representativo da fase de implementação. 71
- Figura 58 – Resultados gráficos da coloração da imagem. 71
- Figura 59 – Tarefas necessárias para o desenvolvimento do programa de classificação de sons. 72
- Figura 60 – Tarefas necessários para a criação do programa de leitura de sons e armazenamento das características sonoras. 74
- Figura 61 – Programa *analiseSom* criado em *Max/MSP* para a análise e extracção das características sonoras (*pitch, loudness, brightness, bark* e *polyphonic pitches*). 75
- Figura 62 – Ficheiro criado pelo programa *analiseSonsForeground*, contendo as características sonoras extraídas dos sons analisados. Na figura, as categorias apresentadas correspondem ao conjunto de sons de *foreground*. 77
- Figura 63 – Programa criado em *Max/MSP* para a análise e extracção das características sonoras. 78
- Figura 64 – Captura de ecrã do programa *Weka* com o resultado da classificação do conjunto de sons de *foreground*. 80

- Figura 65 – Árvore de decisão obtida na classificação dos sons de *background* através do algoritmo *Simple Cart*. 81
- Figura 66 – Matriz de confusão dos sons *background*, testados com o algoritmo *Simple Cart*. 81
- Figura 67 – Matriz de confusão dos sons *foreground*, testados com o algoritmo J48. 82
- Figura 68 – Árvore de decisão obtida na classificação dos sons de *foreground* através do algoritmo J48. 83
- Figura 69 – Representação do funcionamento do programa de classificação. 84
- Figura 70 – Representação gráfica das características sonoras extraídas do som – *pitch*, *loudness*, *brightness* e *bark*. 84
- Figura 71 – Resultado obtido da execução da função *analiseOndaLoudness*. Os pontos pretos correspondem a valores que serão classificados como *background*, e cinzentos como *foreground*. 86
- Figura 72 – Resultado obtido da classificação do som. Os pontos pretos correspondem a valores classificados como *background*, e cinzentos como *foreground*. 86
- Figura 73 – Resultados obtidos na fase de teste da classificação do som. Os pontos pretos correspondem a valores classificados como *background*, e cinzentos como *foreground*. 87
- Figura 74 – Captura de ecrã do estudo de cor para o mapeamento som-cor. 94
- Figura 75 – Paleta de cores representativa do mapeamento som-cor. 94
- Figura 76 – *The Storyteller*, Jeff Wall, 1986. 95
- Figura 77 – *A student gust of wind (after Hokusai)*, Jeff Wall, 1993. 95
- Figura 78 – *Streamside Day*, Pierre Huyghe, 2003. 95
- Figura 79 – *Streamside Day*, Pierre Huyghe, 2003. 96
- Figura 80 – *Ghosts I*, Sam Taylor Wood, 2008. 96
- Figura 81 – Imagem resultante da execução do algoritmo correspondente à conversão da imagem a cores para tons de cinza. 97
- Figura 82 – Resultado gráfico da divisão da imagem em intervalos de cinza equivalentes. Para a atribuição de cor foram consideradas as categorias sonoras mar e vento. 98
- Figura 83 – Resultado gráfico da divisão da imagem em intervalos de cinza, consoante a percentagem de ocorrência da categoria sonora associada à cor. Categorias sonoras consideradas: mar, mar e vento. 99
- Figura 84 – Resultado gráfico da atribuição de um filtro passa-baixo à imagem, para tornar a mancha de cor mais homogénea. 100
- Figura 85– Coloração final da imagem, considerando as categorias sonoras mar, mar e vento. 101
- Figura 86 – Imagens obtidas na exploração do processo de coloração. 102–105
- Figura 87 – Ícones criados para a aplicação. 106
- Figura 88 – Página inicial da aplicação. 106
- Figura 89 – Detalhe da interação do rato com o ícone de captura. 107
- Figura 90 – Sub-menu da opção de captura. 107
- Figura 91 – Sub-menu da opção abrir após a escolha de uma imagem. 107

- Figura 92 – Pormenor da visualização do momento de análise e reprodução do som. 108
- Figura 93 – Apresentação da imagem colorida após a análise do som. 108
- Figura 94 – Visualização do menu da aplicação. 109
- Figura 95 – Descrição das funcionalidades do menu lateral. 109
- Figura 96 – Pormenor da interacção com o menu lateral. 110
- Figura 97 – Visualização de uma mensagem de aviso. 110
- Figura 98 – Imagens criadas para o efeito névoa. 111
- Figura 99 – Captura de três momentos da reprodução do efeito névoa. 111
- Figura 100 – Captura de três momentos da reprodução do efeito ruído. 112
- Figura 101 – Captura de três momentos da reprodução do efeito circular, apenas com preenchimento. 113
- Figura 102 – Captura de três momentos da reprodução do efeito circular, com preenchimento e contorno. 113
- Figura 103 – Captura de três momentos da reprodução do efeito onda. 113
- Figura 104 – Imagens guardadas a partir da aplicação. 114–110

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Gráfico temporal previsto do plano de trabalho. 66
- Tabela 2 – Gráfico temporal final do plano de trabalho. 66
- Tabela 3 – Número total de sons por categoria. 73
- Tabela 4 – Número total de instâncias associado a cada categoria, 70% correspondentes ao conjunto de treino e os restantes 30% ao conjunto de teste. 79
- Tabela 5 – Percentagem de instâncias correctamente classificadas no conjunto de treino e teste, tendo em conta o algoritmo testado. 80
- Tabela 6 – Avaliação heurística. 120

LISTA DE ALGORITMOS

- Algoritmo 1 – Análise dos valores *loudness*, a fim de separar os sons *background* dos *foreground*. 85
- Algoritmo 2 – Conversão da imagem a cores para tons de cinza. 96
- Algoritmo 3 – Divisão da imagem em diferentes níveis de cinza e atribuição de uma cor a cada intervalo. 97
- Algoritmo 4 – Atribuição de uma percentagem, relativa à ocorrência da categoria sonora, a cada cor do conjunto de cores. 98
- Algoritmo 5 – Divisão da imagem em diferentes níveis de cinza e atribuição de uma cor a cada intervalo, consoante a percentagem de ocorrência da categoria sonora associada à cor. 99
- Algoritmo 6 – Coloração da imagem final. 101

INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

Desde que a fotografia se tornou acessível a toda a sociedade, que o consumo de imagens vem aumentando significativamente. Permite guardar, para mais tarde lembrar, e partilhar diversos e variados momentos vividos, nomeadamente, um nascimento, um aniversário, uma viagem, ou um simples sorriso. Como a fotografia, o som tem o poder de envolver as pessoas, fazendo-lhes despertar diversas emoções.

Com esta dissertação pretende-se estudar e criar diferentes modos de mapeamentos do som em cor e, assim, colorir uma imagem, previamente transformada em níveis de cinza. Deste modo, o objectivo é colorir a imagem, dependendo do som ambiente registado no momento de captura, através da paleta de cor resultante do mapeamento.

Neste capítulo, serão assim referidas as principais motivações, objectivos, contributos esperados e metodologias na realização desta dissertação.

1.1 Motivação

A motivação para esta dissertação surgiu na possibilidade de poder unir duas sensações distintas, som e cor, intimamente ligadas à multimédia e ao design. A área do mapeamento do som em cor, apesar de antiga, encontra-se ainda em fase de desenvolvimento, sendo possível explorar diversas formas originais da sua aplicabilidade.

1.2 Enquadramento

Nos dias de hoje, a fotografia é um elemento fundamental no nosso quotidiano, estando presente em diversas áreas, como por exemplo, os álbuns de recordações, jornais, revistas, web, panfletos publicitários. A fotografia é a imagem produzida daquilo que foi vivido e que pretendemos não esquecer.

A aplicação proposta pretende unir o que é visível com o audível, manipulando o que se vê de acordo com o que se ouve.

1.3 Âmbito

Esta dissertação tem como principal objecto de estudo o mapeamento entre som e cor. Com base neste estudo, pretende-se também encontrar um mapeamento que melhor se adequa à realização deste projecto.

1.4 Objectivos

De forma a conseguir obter os resultados pretendidos com esta dissertação, é importante atingir os seguintes objectivos:

- Estudar o tipo de mapeamento do som em cor mais adequado para o desenvolvimento do projecto.
- Desenvolver artefactos visuais que proponham a visualização do efeito que o som pode ter na imagem.
- Implementar uma interface gráfica de utilizador, a fim de explorar os diferentes efeitos visuais resultantes.
- Refinar e validar os artefactos desenvolvidos em mais um caso de estudo.

1.5 Contributos Esperados

Com esta dissertação pretende-se contribuir com um novo mapeamento de sensações, entre os sons audíveis do nosso quotidiano e o visível.

Através da coloração da imagem, espera-se contribuir com uma nova forma de captura do meio envolvente à fotografia, tentando fundir o que é observado com o que é escutado. Assim, uma das aplicações possíveis deste projecto será dar um contributo na melhoria da condição de vida dos deficientes auditivos, pois as fotografias por eles capturadas seriam personalizadas com o ambiente sonoro envolvente.

1.6 Estrutura do Documento

O presente documento é estruturado do seguinte modo:

Estado da Arte: com este pretende-se a recolha e síntese das principais referências relacionadas com som, cor, fotografia, e alguns dos mapeamentos entre som e cor, sendo apresentados alguns trabalhos

relacionados que têm como base a interacção e combinação do som com a cor.

Plano de Trabalho e Metodologias: com este capítulo pretende-se identificar quais as metodologias adoptadas ao longo do processo. Ainda neste capítulo é traçado um plano que permite a resolução da dissertação, constituído por tarefas, que são definidas com uma data de início e fim, metas e entregas.

Projecto: apresenta-se o trabalho preliminar, que serviu como base de estudo e experimentação, o desenvolvimento do projecto e por fim a aplicação resultante.

Avaliação: consiste numa avaliação heurística e reflexão sobre a aplicação.

Conclusão: consiste num breve resumo de tudo o que foi tratado ao longo do documento, fazendo uma reflexão sobre os pontos fracos e fortes deste projecto, tendo em conta os objectivos propostos. Também neste capítulo, pretende-se referir algumas metodologias com o intuito de otimizar o trabalho realizado.

O documento termina com uma listagem de todas as referências usadas.

ESTADO
DA ARTE

2 ESTADO DA ARTE

Este capítulo tem como intuito contextualizar o leitor acerca dos temas sobre os quais a dissertação irá incidir. Assim, o estado da arte irá, numa primeira fase, iniciar com uma breve introdução à teoria do som e da cor. Numa segunda fase, será introduzida uma breve referência à imagem e à fotografia. E por último, serão abordados alguns dos mapeamentos já existentes entre som e cor, como por exemplo, a correspondência directa entre o espectro visível da cor e a frequência do som. De forma a facilitar a compreensão dos diferentes mapeamentos, estes serão inseridos na apresentação de trabalhos práticos já publicados.

2.1 Som

O som é a propagação de uma onda mecânica gerada por uma fonte sonora que cria vibrações no meio envolvente. O som propaga-se através de matérias compressíveis, como a água e o ar.

O meio mais comum pelo qual nós, seres humanos, percebemos o som é o ar. Vários movimentos ao nosso redor causam vibrações nas moléculas de ar, e esta energia sonora é transmitida em forma de ondas, sendo o perfil de propagação semelhante à superfície da água quando se atira uma pedra. A facilidade de propagação do som depende da sua natureza e da composição do meio em que se propaga (madeira, tijolo, ferro, etc). Assim, as ondas sonoras com diferentes frequências têm diferentes velocidades de propagação, dependendo do meio envolvente.

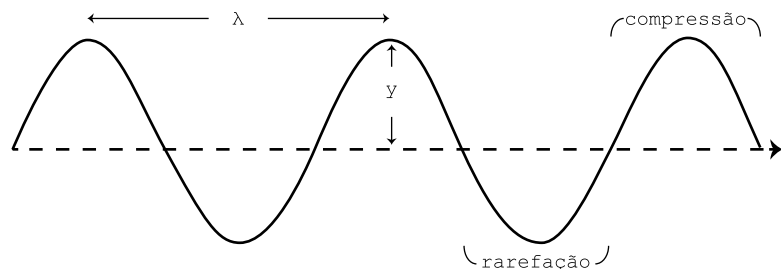
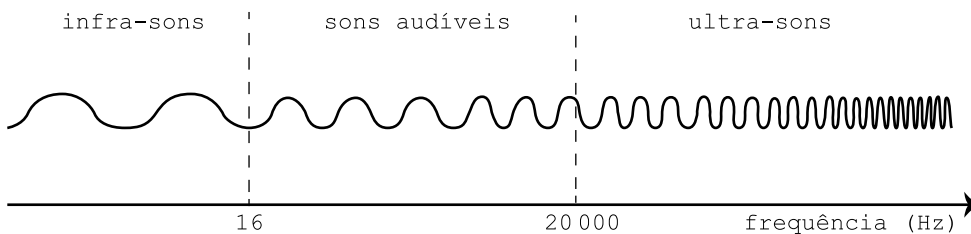


Figura 1 – Representação de uma onda sonora. λ define o comprimento de onda, y a amplitude e o eixo horizontal a direcção de propagação.

As ondas sonoras (Figura 1) resultam de uma sequência de compressões e rarefações de moléculas, sendo definidas por um conjunto de propriedades [Vieira & Fiolhais 2001]:

- Comprimento de onda (λ): pode ser definido pela distância horizontal entre dois pontos sucessivos e equivalentes da onda; normalmente opta-se por dois pontos mais altos ou mais baixos.
- Período: o tempo que uma oscilação demora a repetir-se.
- Amplitude (y): é igual à altura da onda, sendo que sons altos produzem ondas de maior amplitude.
- Frequência (f): quantidade de vezes que uma oscilação se repete por unidade de tempo, medida em Hertz (Hz).



Como se pode observar na Figura 2, o ouvido humano tem capacidade de captar ondas com frequências entre 16Hz e 20000Hz (20kHz), ou seja, só as frequências presentes neste intervalo são sons audíveis. É dentro desta faixa que se encontra a voz humana, os instrumentos musicais e os altifalantes. Infra-sons produzidos por vibrações da água são exemplos de frequências abaixo de 16Hz. Acima de 20kHz temos os ultra-sons emitidos por alguns aparelhos médicos, sonares e animais, como morcegos, que detectam frequências acima dos 100kHz, louva-deus e alguns grupos de mariposas.

Figura 2 – Representação do espectro sonoro.

Tendo em conta que o som é uma onda mecânica, também é possível caracterizar o som através da sua intensidade, altura ou timbre. A intensidade diz respeito à quantidade de energia transportada pelo som, sendo este mais forte ou mais fraco consoante a sua amplitude seja maior ou menor. A altura está relacionada com a frequência do som, sendo que sons de elevada altura correspondem a frequências mais elevadas (mais agudos) e sons de altura baixa correspondem a valores de menor frequência (mais graves). Por último, temos o timbre, correspondente ao conjunto de ondas sonoras que formam um som. É através do timbre que nos é permitido distinguir as diferentes fontes sonoras, como um clarinete de uma flauta.

Nos parágrafos seguintes é realizada uma síntese de um trabalho na área da classificação de áudio, baseada na extracção de características e redes neuronais.

classificação de áudio

O trabalho realizado por Alan Rafael Fachini [Fachini 2001], apresenta o estudo realizado sobre técnicas de extracção de características de áudio que descrevem o timbre dos sons, utilizando Redes Neurais Artificiais.

As redes neuronais artificiais têm contribuído com um maior sucesso em tarefas de classificação automática. Recebendo um vector de características, como entrada, a rede pode ser treinada de modo a “criar” um critério de classificação e, com algum sucesso, ser capaz de classificar novas entradas não utilizadas na fase de treino. O critério de classificação é criado tendo em conta os padrões presentes nos dados apresentados.

Actualmente, o interesse no desenvolvimento de sistemas de classificação automática de sinais de áudio, através da análise e extracção de características, tem vindo a crescer, sendo propostos alguns sistemas e técnicas.

Diferentes descritores de áudio têm sido utilizados como vectores de características do sinal. São exemplo, descritores do padrão MPEG-7, descritores de características psicoacústicas, como o timbre, envolvente temporal e espectral, e coeficientes cepstrais de frequência mel.

O som é constituído por dois tipos de características: físicas, que dizem respeito à amplitude, frequência, espectro e duração; e perceptuais, como a sonoridade, tom e timbre. A extracção de características é realizada utilizando a análise de tempo e frequência, através de técnicas como a aplicação de filtros e escalas.

O processo de extracção de coeficientes cepstrais de frequência mel (*Mel-Frequency Cepstral Coefficients*) são tipicamente utilizados para o reconhecimento de fala. Todo o processo envolvido na geração do vector de características baseia-se em estudos de psicoacústica, que estuda a percepção auditiva humana. A aplicação deste tipo de coeficiente reduz um espectro de 1024 pontos para cerca de 15 a 30 pontos que podem ser utilizados para verificar a similaridade ou distinção de sons.

O padrão MPEG-7 foi definido para possibilitar a descrição de conteúdo multimédia através da análise dos seus dados, possibilitando a extracção de informação. O *framework* de áudio do MPEG-7 contém descritores de baixo nível, consistindo numa colecção de características de áudio de baixa complexidade capazes de caracterizar qualquer tipo de som.

Um outro sistema criado para a análise da similaridade entre dois sinais de áudio é o sistema *Muscle Fish* [soundfisher 2001]. Este sistema recorre a algumas características acústica, como o volume, ruído, frequência fundamental, brilho e largura de banda. O vector de características é composto pela média, variância e auto-correla-

ção para cada aspecto do som analisado. Na classificação dos sons é utilizada a distância euclidiana. A distância é comparada com um limiar para determinar se o som pertence ou não à classe, sendo colocada na classe onde a distância for menor.

2.2 COR

O ser humano percebe a cor através da sua visão, que por sua vez é um processo complexo. A visão (Figura 3) envolve a interação quase simultânea dos dois olhos e do cérebro através de uma rede de neurónios, receptores e outras células especializadas. Os primeiros passos neste processo sensorial são a estimulação das células foto-receptoras na retina, a conversão dos estímulos luminosos ou imagens em sinais electroquímicos e, finalmente, a sua transmissão neuronal, através de sinais eléctricos para o cérebro através de nervos ópticos.

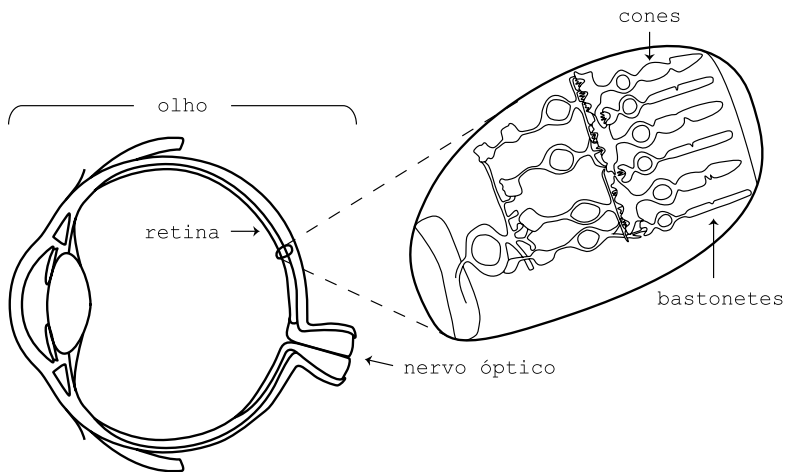


Figura 3 – Representação do olho humano, com ampliação de parte da retina.

Os cones e os bastonetes, dois tipos de células foto-receptoras, são as principais células constituintes do tecido da retina. Os cones são constituídos por três tipos diferentes de células. Cada tipo reconhece uma frequência luminosa diferente: luz vermelha, luz verde e luz azul. Através da combinação das três radiações — visão tricromática, é-nos possível produzir todos os tons que identificam todo o espectro de cores visíveis.

Os bastonetes são células que detectam os níveis de luminosidade, ou seja, são responsáveis pela visão noturna. Estes são sensíveis apenas a tons entre o preto e o branco, transmitindo numa escala de cinza. As informações recebidas pelos bastonetes e cones são transmitidas para o cérebro pelo nervo óptico.

teoria da cor, por Isaac Newton

Isaac Newton (1642-1727) foi um físico inglês que fez experiências com a luz e se tornou responsável pela primeira descrição científica deste fenómeno cromático — a teoria das cores.

Newton incidiu um raio de sol, que entrava numa sala sem luz, sobre um prisma de vidro. Verificou que, ao atravessar o prisma, o raio “branco” sub-dividia-se, revelando ser constituído por múltiplas cores, tendo a mesma ordem de cores do arco-íris. Apesar deste facto ser bastante conhecido na época, Newton pretendia contrariar o que se pensava e mostrar que as cores projectadas através do vidro não eram modificadas pelo próprio material. Para tal, Newton fez passar o raio colorido por um segundo prisma. Como resultado da experiência, as cores voltaram a unir-se, dando origem a um raio de luz branca, igual ao inicial.

Newton conclui que a luz branca era o resultado da mistura de diferentes tipos de raios refractados em ângulos ligeiramente desiguais e que cada tipo de raio diferente produz uma cor espectral também diferente.

A faixa colorida obtida por Newton é chamada de “espectro da luz solar” (Figura 4). A luz do sol, dita “branca”, é um contínuo com todas as cores visíveis, variando entre os 390 e os 790 nanómetros.

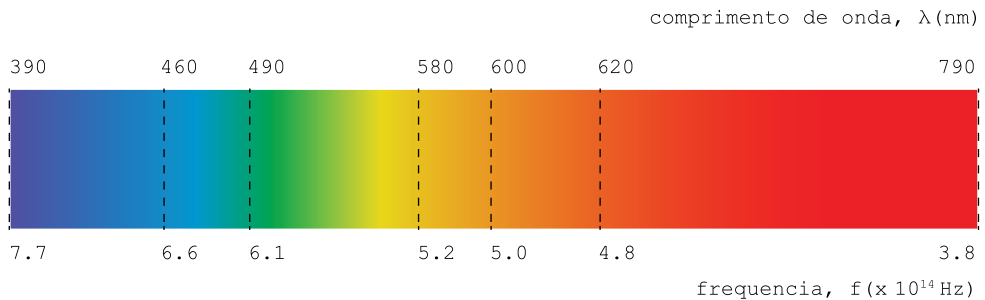


Figura 4 – Representação do “espectro da luz solar”, obtido por Isaac Newton. Adaptado de [Nautilus N.D.]

A partir do momento em que Newton desenvolveu o primeiro diagrama circular, através do “espectro da luz solar”, foram muitos os cientistas e artistas que estudaram e projectaram inúmeras variações deste conceito. São exemplo, Moses Harris (1730-1788), em 1776 e Johann Goethe (1749-1832), em 1810. As variações divergem desde o uso total das cores do espectro, ao uso apenas das três cores primárias [Silva & Andrade 2003].

modelos de cor

Nesta sub-secção, ir-se-á falar muito brevemente sobre alguns modelos de cor, tendo como base conceitos abordados anteriormente neste capítulo, designadamente o modo de como o ser humano percepção a cor e a teoria de Newton.

Podemos distinguir dois sistemas de cores diferentes: um recorre à luz e o outro a pigmentos de cor para criar o sistema. Cores não palpáveis, como raios de luz coloridos ou as cores produzidas pelo ecrã de um computador, são exemplos de cores criadas pela luz e que constituem um sistema de cores. Por outro lado, temos as cores palpáveis, como uma parede pintada e uma folha de papel impressa, cores reais presentes na superfície dos objectos, que constituem o segundo sistema de cores.

RGB (*Red, Green, Blue* — Vermelho, Verde, Azul) é um modelo de cor que usa as três cores primárias num sistema aditivo — cada cor é criada pela adição de luz. A luz é separada por três canais de cores (Figura 5), cada um correspondente a uma cor primária, e cuja soma resultará na cor branca. O preto é obtido pela ausência de luz, sendo as restantes cores produto da combinação dos três canais com diferentes intensidades de luz. Um exemplo prático da utilização deste modelo de cor é nos televisores.

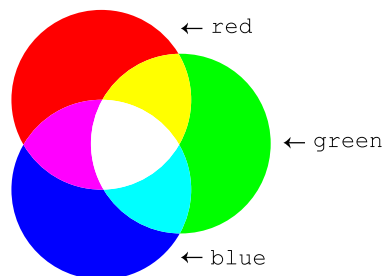
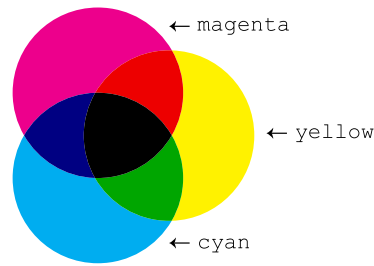


Figura 5 — Representação do modelo de cor aditivo RGB.

CMYK (*Cyan, Magenta, Yellow* — Ciano, Magenta, Amarelo) é um modelo de cor subtractivo, muito utilizado em impressões, como jacto de tinta, *off-set* e serigrafia. Sendo este modelo resultante da subtracção de luz, a sua utilização é limitada. Os suportes para coloração necessitam de ser bons reflectores de luz, como por exemplo, uma folha de papel branca. As cores são obtidas através de tintas transparentes que funcionam com o filtros bloqueando a luz reflectida pelo suporte. Como se pode observar na Figura 6, a cor preta resulta da soma das três cores e a ausência de tinta revela a cor do suporte.

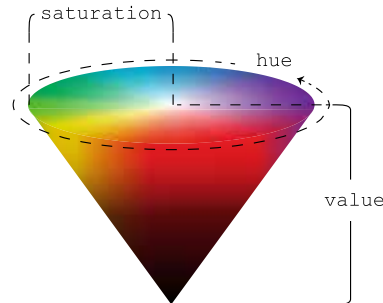
Figura 6 – Representação do modelo de cor subtractivo CMY.



HSV (*Hue, Saturation, Value* — Matiz, Saturação, Valor), também conhecido como HSB (B - *Brightness*, Brilho). A selecção e obtenção de cor no modelo HSV é mais intuitiva que nos dois modelos anteriormente referidos. Este modelo obtém as cores através do controlo dos valores de *Hue, Saturation* e *Value* (Figura 7).

- *Hue*: componente que seleciona a cor a utilizar. Sendo um canal circular, este toma valores de 0 a 359 graus.
- *Saturation*: determina a pureza da cor. Quanto menor for o valor, mais cinzenta se torna a cor e quanto maior o valor, mais “pura” será a cor obtida. Recebe valores de 0 a 100%.
- *Value*: regula o brilho da cor, tomando valores entre 0 e 100%.

Figura 7 – Representação do modelo de cor HSV.



Johann Goethe

Goethe, poeta e romancista alemão, foi o primeiro a questionar a teoria de Newton sobre luz e cor, propondo uma nova abordagem ao uso e entendimento das cores [Popova 2012]. Desse modo, Goethe em 1810 publica “A Teoria da Cor”, na qual defende que a cor não é um fenómeno puramente físico e matemático, propondo que a cor é dependente do objecto, da iluminação e da percepção humana. Assim, de acordo com as teorias de Goethe, o que vemos num objecto depende apenas da matéria que o constitui e da nossa percepção sobre o objecto.

Para demonstrar a sua teoria, Goethe criou um círculo cromático, no qual utilizou o seu conhecimento sobre a percepção da cor e seus

efeitos morais, separando as cores por categorias, como “poderosas”, “suaves” e “radiantes” (Figura 8).

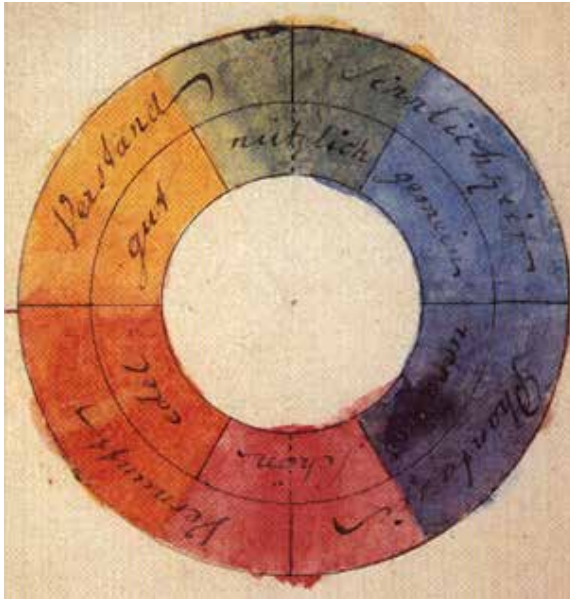


Figura 8 – Círculo de cor desenhado por Goethe em 1809.

O círculo cromático de Goethe é composto por três cores primárias — amarelo, azul e vermelho — as que são observadas a luz do dia. Estas cores localizam-se em pontos opostos a uma cor complementar — laranja, violeta e verde — as cores secundárias. É exemplo o vermelho, em posição oposta ao verde, resultante da combinação do azul com o amarelo.

Johannes Itten

“As flame begets light, so light engenders colors. Colors are the children of light, and light is their mother. Light, that first phenomenon of the world, reveals to us the spirit and living soul of the world through colors.”

Johannes Itten, *The Art of Color*, 1961

Nomeado mestre em 1919, Itten (1888-1967) foi pioneiro com as suas teorias revolucionárias no ensino da arte e do design na *Bauhaus*, sendo responsável pelo curso preliminar da forma e da cor. O seu período na escola durou até 1923, altura em que surgiu um conflito com o director da escola, Walter Gropius, marcando o fim do período Expressionista na *Bauhaus* [Fiell 2005].

Em 1961, Itten escreveu o livro *The Art of Color*. Neste livro, Itten propõe que, não só a cor é experimentada e compreendida

visualmente com considerações como *the Twelve-Part Color Circle* e *the Seven Color Contrasts*, mas também psicologicamente e emocionalmente.

Em *the Twelve-Part Color Circle*, como introdução ao design de cores, Itten desenvolveu um círculo constituído por doze cores, a partir das cores primárias amarelo, vermelho e azul (Figura 9). As cores foram definidas com a maior precisão possível, colocando-as sob a forma de um triângulo equilátero. Sobre esse triângulo foi circunscrito um círculo, no qual se inscreveu um hexágono regular. Nos triângulos isósceles entre os lados adjacentes do hexágono, Itten colocou três cores, cada uma resultante da mistura de duas cores primárias, dando origem às cores secundárias — laranja, verde e violeta. De seguida, num raio conveniente fora do primeiro círculo, foi desenhado um novo círculo, e dividido o anel formado entre ambos em doze partes iguais. No anel foram repetidas as cores primárias e secundárias, deixando uma parte em branco entre as duas cores, que deu lugar à cor ternária, resultante da mistura da cor secundária com a primária [Itten 1970].



Figura 9 – O círculo de 12 cores de Itten.

Assim, Itten construiu um círculo regular de doze tonalidades, em que cada tonalidade tem um lugar inconfundível. Os doze tons estão uniformemente espaçados, com as cores complementares opostas diametralmente. A sequência criada é a do arco-íris ou espectro natural [Itten 1970].

“When we survey the characteristics of color effects, we can detect seven different kinds of contrast... Each unique in character and artistic value, in visual, expressive, and symbolic effect; and together they constitute the fundamental resource of color design.”

Johannes Itten, *The Art of Color*, 1961

Com *the Seven Color Contrasts*, Itten define sete tipos diferentes de contrastes. Sendo estes tão diferentes, únicos no carácter e no valor artístico, Itten teve a necessidade de os estudar separadamente. Desse modo, Itten definiu os seguintes sete tipos de contraste de cores [Itten 1970]: contraste de tonalidades, contraste claro-escuro, contraste frio-quente, contraste complementar, contraste simultâneo, contraste de saturação e contraste de extensão.

Contraste de tonalidades, é ilustrado por cores não diluídas na sua luminosidade mais intensa [Itten 1970], ou seja, quando a cor é pura (Figura 10). Algumas combinações referidas por Itten são: amarelo/vermelho/azul; vermelho/azul/verde; azul/amarelo/violeta; amarelo/verde/violeta/vermelho; violeta/verde/azul/laranja/preto. Como preto/branco representa o extremo do contraste claro-escuro, amarelo/vermelho/azul é o exemplo extremo do contraste de tonalidades. A intensidade do contraste diminui à medida que os tons utilizados são removidos das três cores primárias.

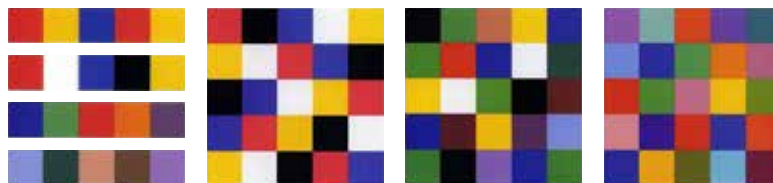


Figura 10 – Contraste de tonalidades ilustrado por Itten.

Contraste claro-escuro, dia e noite, luz e escuridão, uma polaridade de importância fundamental na vida humana e na natureza (Figura 11). Encontra-se a polaridade no contraste claro-escuro na oposição de preto e branco na sua maior saturação. Entre eles encontra-se o espectro de cores cromáticas e a escala contínua de cinzas. [Itten 1970]. O cinza neutro é uma cor acromática sem carácter.

“Any color will instantly transform gray from its neutral, achromatic state to a complementary color effect corresponding mathematically to the activating colour.”

Johannes Itten, *The Art of Color*, 1961

Esta cor dependente do carácter das cores vizinhas; ao suavizar o seu impacto absorvendo a sua força, a cor cinza assume uma vida própria [Itten 1970].



Figura 11 – Contraste claro-escuro ilustrado por Itten.

O contraste frio-quente, tem um elevado potencial como um elemento de design pictórico (Figura 12). Observando novamente o círculo (Figura 9), as cores por meio do amarelo para vermelho-violeta, nas cores ternárias da roda de cores, são consideradas quentes. Enquanto que as frias são as cores entre o violeta e o amarelo-verde, inclusive. Nas paisagens, os objectos mais distantes parecem sempre mais frios, devido à intervenção profunda do ar [Itten 1970].

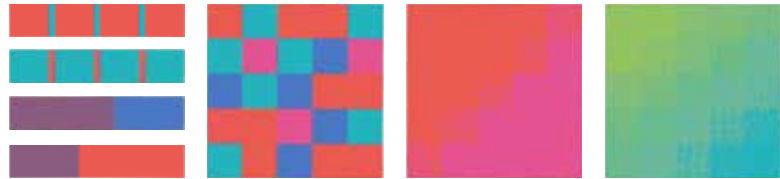


Figura 12 – Contraste frio-quente ilustrado por Itten.

Contraste complementar é observado quando duas cores, no círculo de cores, são diametralmente opostas (Figura 13). Cada cor pura tem uma cor complementar, e apenas uma. São exemplos de cores complementares: laranja/azul, amarelo/violeta, verde/vermelho; e também cores ternárias, como o vermelho/laranja e azul/verde. Os pares complementares podem representar mais do que um tipo de contraste. Amarelo/violeta não são apenas do tipo complementar, mas também representam um contraste claro-escuro. Da mesma forma que vermelho/laranja e azul/verde são pares de contraste extremo frio-quente [Itten 1970].

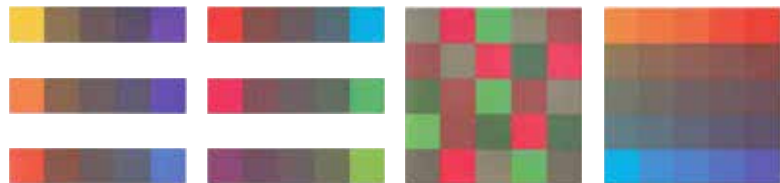


Figura 13 – Contraste complementar ilustrado por Itten.

Contraste simultâneo, cujo o nome deriva da geração de uma cor complementar pelo olho (Figura 14). Se um fundo de cor forte, tivesse no centro um quadrado cinza neutro com o brilho exacto ao do fundo, o contraste estaria em vigor. A área cinza seria colorida pelo olho para ter uma sugestão da cor complementar do fundo [Itten 1970].

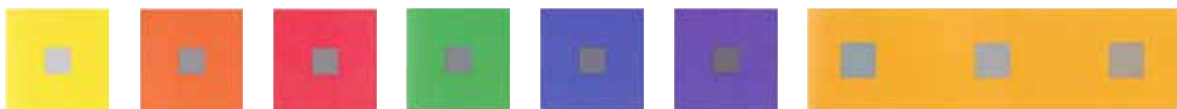


Figura 14 – Contraste simultâneo ilustrado por Itten.

O contraste de saturação refere-se à diferença entre a qualidade da pureza das cores (Figura 15). Quando cores puras, luminosas e aquelas que foram subjugadas criam um contraste, estas podem ser diluídas em quatro formas: tornar a cor mais clara através da junção

de branco, escurecer a cor com preto, diminuir a intensidade com a junção de cinza, e a mistura de cores complementares que produzem uma tonalidade cinza. Deste modo, um verdadeiro contraste de saturação é encontrado entre as instâncias intensas e sem brilho da mesma tonalidade [Itten 1970].

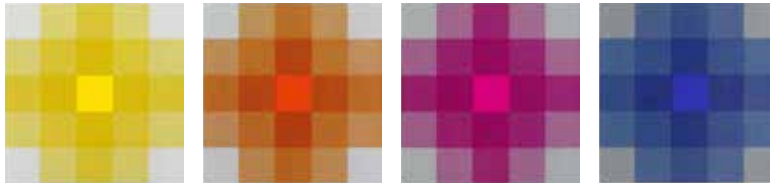


Figura 15 – Contraste de saturação ilustrado por Itten.

O contraste de extensão envolve as áreas relativas de duas ou mais amostras de cores (Figura 16). É o contraste entre muito e pouco, ou grandes e pequenos. Segundo Itten, as áreas de cor na composição são pelo menos tão importantes quanto a escolha de cores. Qualquer composição de cor deve ser desenvolvida a partir das relações de elementos da área de um para o outro [Itten 1970].

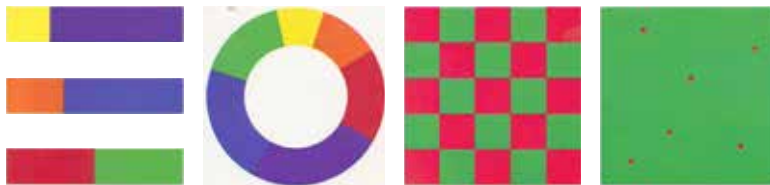


Figura 16 – Contraste de extensão ilustrado por Itten.

Josef Albers

Aluno e também mestre na *Bauhaus*, entre 1920 e 1933, onde ensinou no curso preliminar sobre a forma. Apesar do seu trabalho ser por vezes eclético, era fundamentalmente caracterizado por formas geométricas abstractas simplificadas e por uma utilização mínima de materiais [Fiell 2005]. Desse modo, Albers pretendia demonstrar teorias de contrastes de cores e efeitos ópticos criados por cor.

“In visual perception a color is almost never seen as it really is—as it physically is. This fact makes color the most relative medium in art. In order to use color effectively it is necessary to recognize that color deceives continually. To this end, the beginning is not a study of color systems.

First, it should be learned that one and the same color evokes innumerable readings. Instead of mechanically applying or merely implying laws and rules of color harmony, distinct color effects are produced—through recognition of the interaction of color—by making, for instance, two very different colors look alike, or nearly alike.”

Josef Albers, *Interaction of Color*, 1975

Albers desafiou a abordagem académica padrão da “teoria e prática”, concentrando-se no “desenvolvimento da observação e articulação”, com ênfase não só apenas a cor, mas também em sentir as relações entre as cores.

“[Interaction of color] reverses this order and places practice before theory, which after all, is the conclusion of practice... Just as the knowledge of acoustics does not make one musical—neither on the productive nor on the appreciative side—so no color system by itself can develop one’s sensitivity for color. This is parallel to the recognition that no theory of composition by itself leads to the production of music, or of art. Practical exercises demonstrate through color deception (illusion) the relativity and instability of color. And experience teaches that in visual perception there is a discrepancy between physical fact and psychic effect. What counts here—first and last—is not so-called knowledge of so-called facts, but vision—seeing. Seeing here implies Schauen (as in Weltanschauung) and is coupled with fantasy, with imagination.”

Josef Albers, *Interaction of Color*, 1975

Segundo Albers, as diferenças de cor são causadas por dois factores: a tonalidade e a luz, sendo na maioria dos casos, por ambos ao mesmo tempo. Reconhecendo isso, é possível “empurrar” a luz e/ou a tonalidade, pelo uso de contrastes, afastando a primeira aparição na direcção das qualidades opostas. Uma vez que isto equivale praticamente à adição de qualidades opostas, poderia-se alcançar efeitos paralelos subtraindo as qualidades não desejadas [Albers 1975].

“This new experience can be achieved first by observing 3 small samples of 3 reds on a white ground. They will appear first of all — red. Then when the 3 reds are placed on a ground of another red their differences, which are differences of hue as well as of light, will become more obvious.”

Josef Albers, *Interaction of Color*, 1975

Albers dá alguns exemplos dos diferentes contrastes entre cores e dos efeitos ópticos criados por estes, como observado nas seguintes figuras [Albers 2006].

Uma cor pode aparecer como duas cores diferentes (Figura 17).

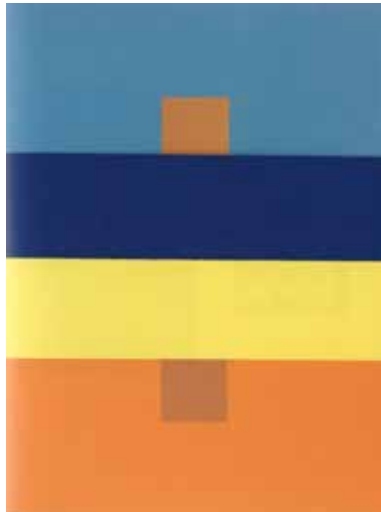


Figura 17 – *A color has many faces – the relativity of color* [Albers 2006].

Aqui é quase inacreditável que a parte superior pequena e os pequenos quadrados menores são parte da mesma faixa de papel e, portanto, têm a mesma cor. Neste exemplo, Albers afirma que nenhum olho humano normal é capaz de ver os dois quadrados — da mesma cor.

Numa outra interação, uma cor parece duas — ou: três cores aparecem como duas (Figura 18).



Figura 18 – *Reversed grounds* [Albers 2006].

Quando se mantém o fundo amarelo à esquerda, a forma X parece violeta, e a forma X do fundo violeta parece amarela. Para mostrar que ambas as formas X's são da mesma cor, Albers uniu-as ao meio na parte superior.

Com o tema *Film and volume color*, Albers cria uma nova ilusão (Figura 19).



Figura 19 – *Film and volume color* [Albers 2006].

Trata-se de uma ilusão de filme que indica uma folha de acetato transparente que cobre parte de quatro cores, sendo que na cor superior à direita cobre duas vezes. Albers lembra que o estudo não é feito em material transparente, mas em papel opaco, fazendo com que exigisse uma selecção de cores muito precisa.

2.3 A Imagem e a Fotografia

“A fotografia é o lugar de todas as imagens. E todas as imagens são, também, lugares da fotografia. A imagem fotográfica alojou-se por toda a parte, invadiu o mundo, reduzindo-o à espessura mínima de uma prova, de uma reprodução.”

Bernardo Pinto de Almeida, *Imagem da Fotografia (e do Fotografo)*, 1995.

A fotografia em potência surgiu mesmo antes de o ser. É exemplo, a pintura de Michelangelo Caravaggio (1571-1610), que “fala” de fotografia antes do seu tempo. As suas pinturas (Figura 20) traduzem uma noção de perspectiva, figura-fundo e proporcionalidade, proporcionando uma organização do espaço de representação muito mais próxima do real. Caravaggio foi o primeiro artista que utilizou a luz como matéria, se não existisse luz, não existiria pintura. Através da modelação da intensidade da luz, o artista criava um maior dramatismo e uma percepção mais real dos corpos, tornando cada personagem individual e importante.



Figura 20 – *David e Goliath* – Michelangelo Caravaggio, 1599.

A fotografia surge no século XIX, com a Revolução Industrial e o consequente avanço científico, conquistando rapidamente a atenção do público. No campo artístico, a fotografia teve que enfrentar uma dura resistência por parte de artistas e críticos que não reconheciam nas imagens um valor estético à altura da pintura e da escultura [Entler 2007]. Baudelaire (1821-1867) foi dos primeiros a expor publicamente a sua desconfiança.

“Nestes dias deploráveis, produziu-se uma nova indústria que muito contribuirá para confirmar a idiotice da fé que nela se tem, e para arruinar o que poderia restar de divino no espírito... Em matéria de pintura e de escultura, o Credo actual do povo..., é este: ‘Creio na natureza e creio somente na natureza.... Creio que a arte é e não pode ser outra coisa além da reprodução exacta da natureza (um grupo tímido e dissidente reivindica que objectos de carácter repugnante sejam descartados, como um penico ou um esqueleto). Assim, o mecanismo que nos oferecer um resultado idêntico à natureza será a arte absoluta’. um Deus vingador acolheu as súplicas desta multidão. Daguerre foi seu Messias. E então ela diz a si mesma: ‘Visto que a fotografia nos dá todas as garantias desejáveis de exactidão (eles crêem nisso, os insensatos), a arte é a fotografia.’”

Charles Baudelaire, *O Público Moderno e a Fotografia*, 1859.

Se a oposição de Baudelaire contra a fotografia é bastante explícita no texto em questão, ela permanece tanto mais ambígua ao longo da sua biografia. Numa carta enviada à sua mãe em 1865, percebe-se que também Baudelaire acabou por encontrar na fotografia uma mediação legítima para a sua memória e para os seus afectos [Entler 2007].

“Gostaria de ter seu retrato. É uma ideia que se apoderou de mim. Há um excelente fotógrafo em Hâvre. Mas temo que isso não seja possível agora. seria necessário que eu estivesse presente. Você não entende desse assunto, e todos os fotógrafos, mesmo os excelentes, têm manias ridículas: eles tomam por uma boa imagem, uma imagem em que todas as verrugas, todas as rugas, todos os defeitos, todas as trivialidades do rosto se tornam muito visíveis, muito exageradas: quanto mais dura é a imagem, mais eles estão contentes. Além disso, eu gostaria que o rosto tivesse a dimensão de duas polegadas. Apenas em Paris há quem saiba fazer o que desejo, quero dizer, um retrato exacto, mas tendo o ‘flou’ de um desenho. Enfim, pensaremos nisso, não?”

Charles Baudelaire, 1865.

No final do século XIX, para além de uma forma de marcar o tempo e registar a memória, o desenvolvimento da fotografia esteve dependente das necessidades científicas, tornando-se um instrumento fundamental para o conhecimento.

O fotógrafo Eadweard Muybridge (1830-1904), em 1878, decompõe o movimento de um cavalo numa sequência de fotos (Figura 21), descrevendo três passos completos. Para o efeito, Muybridge, através de um circuito eléctrico, fez disparar 12 câmaras numa sequência que demorou menos de meio segundo. Da sequência, foi realizada uma pequena película de filme, onde pela primeira vez, podia ser observado detalhes efémeros de um cavalo a galope, que a tal velocidade não era possível observar a “olho nu” [Stanford 2011].

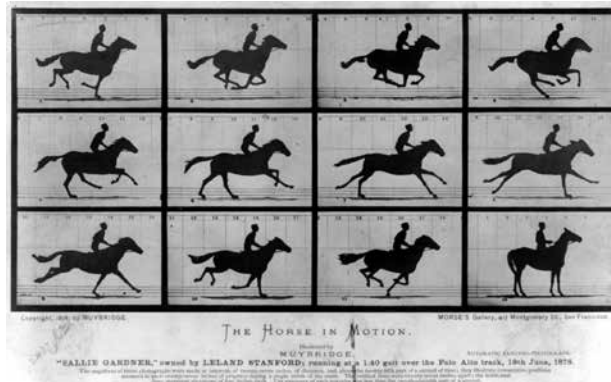


Figura 21 – *The Horse in Motion*, Muybridge, 1879.

Com o aparecimento da fotografia, surgiram novas possibilidades relacionadas tanto com a representação de objectos como com o congelamento do momento em que se tira a fotografia. Sendo considerada como algo que retratava de forma muito realista a realidade, esta foi também usada como ferramenta das autoridades policiais, como na prova de crimes. Alphonse Bertillon (1853-1914), sendo um oficial da polícia parisiense, foi o responsável pela elaboração do primeiro sistema de identificação criminal [Sekula 1990]. O sistema (Figura 22) consistia na identificação da pessoa recorrendo à medição de onze áreas do corpo e à fotografia do criminoso de perfil e de frente. Para além das fotografias, era associado um relatório com uma descrição das marcas e das medidas do corpo. Com este sistema, Bertillon tinha como objectivo quebrar os disfarces, identidades falsas, múltiplas biografias e alibis [Sekula 1990].



Figura 22 – *Portrait Parle class, France, Bertillon, entre 1910 e 1915.*

Apesar do sistema de Bertillon ter tido grande recepção, este teve grande competição com o sistema de impressões digitais inventado em parte por Francis Galton (1822-1911). Um estatístico e fundador da eugenia, Galton desenvolveu um método de retrato composto que consistia na combinação de múltiplos retratos de sujeitos através de tempo de exposição limitado (Figura 23). O resultado consistia numa fotografia que seria o somatório das características faciais dos sujeitos. Galton utilizava este método em indivíduos que considerava terem características semelhantes como criminosos, com o objectivo de chegar à imagem média desse tipo de sujeitos, reivindicando a sua total legitimidade [Sekula 1990].

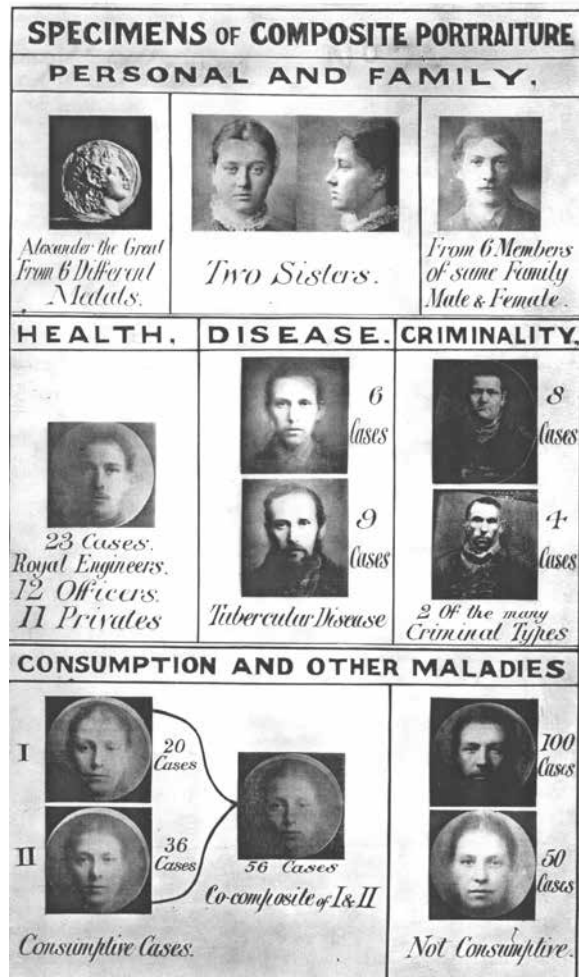


Figura 23 – *Specimens of Composite Portraiture*, Galton, 1883.

A invenção da fotografia, como um instrumento de verdade, teve um papel fundamental como mecanismo, que deu origem a métodos e sistemas que, actualmente, têm uma imensa importância nas áreas científicas e tecnológicas.

No final do século XIX, a fotografia foi uma das ferramentas essenciais nas pesquisas realizadas na área da antropologia. Mas, neste período de tempo, a antropologia tinha o objectivo de investigar e registar novos factos e interpretá-los de acordo com a teoria evolucionista. Assim, os métodos fotográficos estavam restringidos pelos paradigmas que os antropologistas pretendiam provar, levando imagens construídas para se encaixarem nestas ideologias, afastando-se da realidade [Morphy & Banks 1997]. Desse modo, a fotografia que tinha como propósito capturar um momento, no século XX, acabou por ficar associada à “antropologia de longo”, sendo usada apenas para áreas como museus, áreas não afectadas pela revolução do trabalho de campo [Morphy & Banks 1997].

Não apenas na área da antropologia, a ideia da fotografia como

“verdade” foi posta em causa, no momento em que esta começou a ser usada como propaganda política, no princípio do século XX. São exemplo as manipulações fotográficas de alguns dirigentes da época, sendo uma das mais famosas a fotografia dos companheiros Stalin (1878-1953) e Trotsky (1879-1940), que apareceu sem Trotsky, exilado e dissidente (Figura 24 e 25).



Figuras 24 e 25 – Trotsky, à direita, cumprimenta um desfile pela Praça Vermelha de Moscovo, 1919 (24). Em 1927, Stalin expulsa Trotsky do Partido Comunista e manda retirá-lo da imagem original (25).

Sinal evidente de que a fotografia nunca é uma realidade simples, são antes operações, relações entre o dizível e o visível, maneiras de jogar com o antes e o depois [Rancière 2011], e que podem ser facilmente manipuladas.

“Imagem designa assim duas coisas diferentes. Há a relação simples que produz a semelhança de um original: não necessariamente a sua cópia fiel, mas simplesmente o bastante para valer por ela. E há o jogo de operações que produz aquilo a que se chamamos arte, ou seja, precisamente uma alteração de semelhança.”

Jacques Rancière, “o destino das imagens”, 2011.

Segundo Jacques Rancière (n. 1940), filósofo e professor emérito da Universidade de Paris VIII, as imagens expostas nos museus, podem ser classificadas em três categorias [Rancière 2011]: a imagem “nua”, “a imagem que não faz arte, porque aquilo que ela nos mostra exclui os prestígios da dissemelhança e a retórica das exegeses”, unicamente votada ao testemunho; “a imagem ostensiva”, uma imagem que afirma a sua potência como a da presença bruta, sem significação, afirmando essa presença como sendo própria da arte; e a “imagem metamorfofórica”, assenta num postulado de indiscernibilidade, propondo apenas deslocar as figuras da imagética, mudando-lhe o suporte, colocando-as num outro dispositivo de visão, pontuando-as ou narrando-as diferentemente.

As três categorias definidas por Rancière, são três formas de imagemidade, três maneiras de ligar ou desligar o poder de mostrar e o de significar, a atestação de presença e o testemunho de história. Três maneiras também de selar ou recusar a relação entre arte e imagem [Rancière 2011].

A imagem tem a potência de seccionar a realidade, através da possibilidade de depuração. Quando se observa a fotografia de Robert Frank (n.1924) permite-nos, por um momento, ter a sensação de que é possível olhar as coisas pela primeira vez, lava-nos os olhos. De que nem tudo pode ser visto, ou mostrado, de que existe uma zona para além da qual o olhar volta a ser acto, a ter a dimensão de uma aventura (Figura 26). Ou seja, de que existem margens da visibilidade [Almeida 1995].



Figura 26 – Elevator – Miami Beach, 1955”, Frank.

Segundo Bernardo Pinto de Almeida (n. 1954), Professor Catedrático na Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto [Almeida 1995], é necessário ser capaz de olhar ao redor, para a espessura, a densidade, a humanidade e a sensualidade do mundo, restituindo às coisas aquilo que afinal desde sempre lhes pertenceu: o direito de serem olhadas de frente, lentamente, em reconhecimento e louvor. Pois cada objecto, por mais humilde que seja, está revestido de uma espécie de aura, de nobreza, que o torna essencial.

“É isso que nos ensina Robert Frank. A olhar para as coisas. Com a fotografia e contra a fotografia. Entre a raiva e a ternura. Assim deveria de ser a imagem da fotografia. E a do fotógrafo.”

Bernardo Pinto de Almeida, “Imagem da Fotografia (e do Fotógrafo)”, 1995.

Nos parágrafos que se seguem é realizada uma síntese do trabalho de vários artistas pertinentes para o domínio da fotografia. A selecção dos artistas apresentados é baseada na técnica de enquadramento narrativo utilizada na fotografia.

Richard Billingham

O fotógrafo inglês (n. 1970) viu a sua primeira série de fotografias exibida na Galeria de Arte Barbican em 1994, em Londres [artangel N.D.].

As fotografias *snapshots* expostas por Billingham retratam o estilo de vida da sua família, um pai alcoólico, uma mãe e um irmão, formando um álbum de família sem sorrisos falsos [bbc N.D.].

“I was living in this tower block; there was just me and him. He was an alcoholic, he would lie in the bed, drink, get to sleep, wake up, get to sleep, didn't know if it was day or night. But it was difficult to get him to stay still for more than say 20 minutes at a time so I thought that if I could take photographs of him that would act as source material for these paintings and then I could make more detailed paintings later on. So that's how I first started taking photographs.”

Richard Billingham, citado em *We are family, Genius of Photography* [bbc N.D.].

O trabalho de Billingham é uma possibilidade para as nossas fotografias familiares, despreocupadas, sem dar muita importância à técnica. Nas suas fotografias, o que é importante é as pessoas e o espaço.

“My dad had moved into my mum's place by this time and I could not believe how it looked. She'd had two years away from my dad so she had created her own psychological space around herself that was very 'carnavalesque' and decorative. There were dolls, jigsaws everywhere. She'd got load of pets by this time; she had about ten cats ... two, three dogs.”

Richard Billingham, citado em *We are family, , Genius of Photography* [bbc N.D.].

Billingham, através das suas fotografias de família, estimula algumas sensações básicas, como o olfacto. Algumas de suas imagens transmitem a sensação de mau cheiro, paredes húmidas, comida e gatos (Figura 27).



Figura 27 – *Untitled*,
Billingham, 1994–1995.

Robert Mapplethorpe

“I come from suburban America. It was a very safe environment and it was a good place to come from in that it was a good place to leave.”

Robert Mapplethorpe [Mapplethorpe N.D.]

O seu vasto, provocante e poderoso trabalho estabeleceu-o como um dos mais importantes artistas do século XX. Para além do significado histórico e social da arte presente no seu trabalho, o legado de Mapplethorpe (1946–1989) vive através da sua fundação criada em 1988, Fundação Robert Mapplethorpe. A fundação foi criada com o intuito de promover a fotografia, apoiar museus de arte fotográfica, e para financiar a investigação médica na luta contra a SIDA e infecções relacionadas com o HIV [Mapplethorpe N.D.].

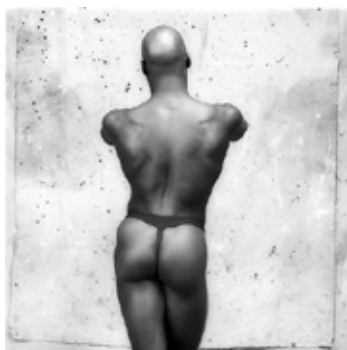
Mapplethorpe elevou os limites da fotografia tanto nas suas escolhas subjectivas, como na técnica, levando-o a ser recordado exclusivamente pelas suas imagens controversas e muitas vezes explícitas [Tate N.D.].

No final dos anos 70, as fotografias resultantes do trabalho de documentação das cenas do *New York S & M*, realizado por Mapplethorpe, foram consideradas “chocantes”, pelo seu conteúdo, e notáveis, pelo seu domínio técnico e formal [Mapplethorpe N.D.].

“I don’t like that particular word ‘shocking.’ I’m looking for the unexpected. I’m looking for things I’ve never seen before ... I was in a position to take those pictures. I felt an obligation to do them.”

Robert Mapplethorpe, *ARTnews*, 1988 [Mapplethorpe N.D.]

Com essas imagens, do nu masculino e do imaginário *gay* sexualmente explícito, Mapplethorpe testou o direito à liberdade individual, ocupando um lugar importante na história da luta artística para representar o mundo como ele é, com honestidade e verdade [Tate N.D.] (Figuras 28–33).



Figuras 28 – Ken Moody, Mapplethorpe, 1983.



Figuras 29 – Derrick Cross, Mapplethorpe, 1985.



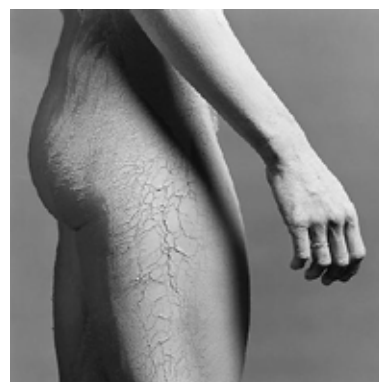
Figuras 30 – Thomas, Mapplethorpe, 1987.



Figuras 31 – Patti Smith, Mapplethorpe, 1976.



Figuras 32 – Lisa Lyon, Mapplethorpe, 1980.



Figuras 33 – Lisa Lyon, Mapplethorpe, 1981.

Pierre Huyghe

Pierre Huyghe (n. 1962) é um artista, cineasta e filósofo que vive e trabalha entre Paris e Nova Iorque. As suas obras têm como principais temas o prazer, a aventura e a celebração. Através de exposições, filmes e eventos públicos, Huyghe cria cenários que exploram as fronteiras da ficção e da realidade, variando entre teatros de fantoches para pequenos desfiles da cidade e parques de diversões modelo [EGS 2012] (Figuras 34–36).



Figura 34 – *Streamside Day*, Huyghe, 2003.



Figura 35 – *Untilled*, Huyghe, 2011.



Figura 36 – *This is not a time for dreaming*, Huyghe, 2004.

“Celebration has always interested me. I mean, for example, Halloween. I think Halloween was first an Irish celebration, and then it went to the U.S. and became a very big American celebration. And I think ten years ago, in the beginning of the ‘90s, we started to have Halloween in France. Of course there is some economic reason behind it. But we don’t celebrate anymore Halloween in France. We celebrated it for ten years. It was an attempt to transplant a celebration—but it didn’t work. It’s like when you transplant an organ and then the body refuses it because there’s no reason to accept it.”

Pierre Huyghe [EGS 2012]

Muitas vezes, ao filmar a recriação de cenários, Pierre Huyghe usa o poder do cinema para re-visionar a memória [EGS 2012].

Sam Taylor Wood

O seu trabalho em fotografia e filme distingue-se pelo uso irónico e subversivo destes meios, centrados na criação de situações enigmáticas repletas de uma latente, mas explosiva energia [Lacan N.D].

Taylor Wood (n. 1967) tem um percurso considerado “polé-

mico”, algumas semanas depois de dar à luz a sua filha, em 1997, foi-lhe diagnosticado cancro do cólon. Mais tarde, em 2000, foi novamente diagnosticada com cancro da mama, passando por uma mastectomia [Hattenstone 2009]. Deste modo, na última década, o cancro definiu-lhe a vida e o trabalho. Como exemplo, o trabalho *Crying Men*, realizado entre 2002 - 2004, uma série de fotografias a cores e a preto e branco de actores de cinema do sexo masculino a chorar. As imagens resultantes são multi-camadas, e provocantes. O espectador é presenteado com momentos íntimos de emoção dolorosa, aparentemente privados [Lacan N.D].

Taylor Wood não sabia porque o fazia. Convencer os actores a serem fotografados, para depois pedir-lhes que chorassem, perturbando-os a eles e a si mesma no processo. Apenas quando se dirigia para casa é que ela percebeu [Hattenstone 2009].

“I did it as an exorcism of tears, from not having cried through being ill. I almost never cry, and it’s something I don’t like about myself. I sometimes try and make myself cry. Sometimes, when I’m in pain, I say if I could just cry it would make it so much easier. I think that’s why I made 28 men cry instead. I always say that my work is ahead of me three steps. With hindsight, I was sitting there with people who’d cry my tears for me. I suppose I didn’t cry in all the cancer crap stuff because I felt I couldn’t lose the battle, and part of the battle was holding myself together.”

Sam Taylor Wood, 2009 [Hattenstone 2009]

No trabalho fotográfico de Taylor Wood é possível encontrar pontos de intersecção com outras áreas [Rogalerry 2013], como o teatro e o cinema. No projecto *Bram Stoker’s Chair*, Taylor Wood coloca no centro uma cadeira, o objecto fundamental do palco de um teatro, e transporta o levitar do cinema para a fotografia, desafiando as leis da física, no ponto de vista fotográfico (Figura 37). A artista desmonta, sem desmontar o dispositivo de uma forma irónica.

Figuras 37 – Série *Bram Stoker’s Chair*, Wood, 2005.



Jeff Wall

Um dos artistas mais intrigantes e influentes da actualidade, tem desempenhado um papel fundamental no estabelecimento da fotografia como forma de arte contemporânea [Tate 2006]. Wall (n. 1946) reconhece a influência do autor francês Baudelaire do século XIX, que pediu uma pintura da vida moderna que iria mostrar as ruas de Paris, em vez dos grandes temas da história. Nesse espírito, Wall decidiu apropriar-se de anúncios retro-iluminados como meio artístico para representar a vida contemporânea [Gallery 2014]. Desse modo, Wall é mais conhecido pelas suas transparências coloridas de larga escala, montadas em caixas de luz, que combinam o brilho sedutor do ecrã de cinema com a presença física de uma escultura. As suas obras são tipificadas por duas abordagens, que Wall caracteriza como cinematográficas ou documentárias [Tate 2006].

“Just as in the cinema you wouldn’t think that a realistic film is any less filmic than a musical fantasy. They’re both part of the cinema. And I see that this is the same in my work, they are different genres that I am interested in and I move between them.”

Jeff Wall [Gallery 2014]

Quando Wall se baseia nas técnicas cinematográficas, recorre a actores como protagonistas, iluminação artificial, composições encenadas, e uma técnica narrativa que leva o espectador a contemplar os eventos invisíveis que reportam o momento retratado (Figuras 38–40). As representações deslumbrantes da vida urbana, contam histórias sobre as pessoas, o seu habitat e a forma de como interagem no seu quotidiano [Tate 2006].



Figura 38 – *Mimic*, Wall, 1982.



Figura 39 – *Milk*, Wall, 1984.



Figura 40 – *After “Invisible Man” by Ralph Ellison, the Prologue*, Wall, 1999–2000.

Wall brinca com a noção de que em cada fotografia, está implícito o sentido do que aconteceu antes do momento retratado e o que pode acontecer depois. E afirma que obras de arte que têm apenas

um significado óbvio, ou são maçantes ou propagandistas, e que a boa arte deve ser bela para prender a atenção do espectador [Gallery 2014].

The Destroyed Room (Figura 41), de 1978, foi a primeira transparência de Wall exibida publicamente, retro-iluminada numa caixa de luz fluorescente. O trabalho mostra um conjunto, semelhante a um que seria construído para filmes ou teatro, que foi destruído, sem razão aparente que não seja para a própria fotografia. Buracos na parede, móveis derrubados, e objectos espalhados pelo chão, parecem com um cenário de destruição aleatório. No entanto, a estatueta de porcelana repousada sobre uma cómoda, sugere a coloração cuidadosa de cada elemento dentro da fotografia [Gallery 2014].



Figura 41 – *The Destroyed Room*, Wall, 1978.

Nan Goldin

Uma *outsider* por instinto e nocturna por natureza, Goldin (n. 1953) é uma pessoa que vive à beira da sociedade por suas próprias regras. A obra de Goldin é considerada uma obra auto-biográfica representacional, surgindo muitas vezes ela própria nas suas fotografias.

Surgiu no cenário artístico em 1986, com a série *The Ballad of Sexual Dependency*, gravando visualmente com um olho firme a sua própria vida rebelde, e muitas vezes a vida dissoluta do seu círculo de amigos, que incluía viciados, prostitutas e travestis (Figura 42). Ao fazê-lo, Goldin redefiniu o que a fotografia poderia fazer e o que poderia ser - um espelho de si mesma, bem como do mundo [O'Hagan 2014].

A série épica foi originalmente concebida como uma apresentação de slides com música para entreter seus amigos. Muitos deles sendo consumidores de drogas pesadas no Lower East Side de Nova York, foram retratados por Goldin, a maneira de como eles festejavam, recebiam alta e tinham relações sexuais [O'Hagan 2014].



Figura 42 – *The Ballad of Sexual Dependency*, Goldin, 1978–1986.

*“My work is full of light now too. Sometimes people don’t seem to see that. They refer constantly to *The Ballad of Sexual Dependency* and think I am the same person that took those pictures. That series is stark. It’s all flash-lit. I honestly didn’t know about natural light then and how it affected the colour of the skin because I never went out in daylight. The work I do now has so many different tones. There is a huge difference in it and in me.”*

Nan Goldin [O’Hagan 2014]

Apesar da natureza de assunto muitas vezes provocador, Goldin sempre insistiu sobre a ternura do seu modo de ver, a esperança, assim como o desespero. É com *Eden and After*, que a esperança se manifesta (Figuras 43–45). Neste projecto, um dos temas mais surpreendente é a infância. Goldin retrata-a como um elevado e quase sagrado espaço [O’Hagan 2014].

“Children are from another planet. They know and see stuff that we don’t.”

Nan Goldin [O’Hagan 2014]



Figura 43 – *Orlando and Lily dancing, Brooklyn*, Goldin, 2006.

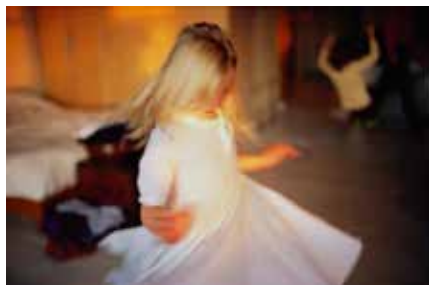


Figura 44 – *Ava twirling, NYC*, Goldin, 2007.



Figura 45 – *Mia hugging Georgia, London*, Goldin, 2007.

A fotografia, como Nan Goldin muitas vezes comprovou, não só lhe iluminou a vida, mas também lhe salvou a alma [O'Hagan 2014].

"I survive by taking pictures."

Nan Goldin [O'Hagan 2014]

2.4 Sinestesia

A palavra sinestesia tem origem grega (*sin* + *aisthesis*), e significa a união de múltiplas sensações — visão e audição, ou paladar e olfacto [Basbaum 2002]. A observação do primeiro caso de estudo da sinestesia, surgiu há cerca de trezentos anos, atingindo o seu pico entre 1860 e 1930 [Cytowic 1995], sendo abordada em diversas áreas, como a arte, música, filosofia e teosofia. Muitos dos casos de estudo incidiam sobre som e cor, a forma mais comum de sinestesia.

A sinestesia é um fenómeno neurológico relativamente raro em que os estímulos sensoriais causam experiências adicionais incomuns [Hubbard & Ramachandran 2005]. Estas experiências adicionais ocorrem frequentemente em algumas actividades, nomeadamente quando se vêem cores enquanto se ouve música, ou se sente uma forma táctil enquanto se prova um alimento. É exemplo a animação desenvolvida por Michel Gagné para o filme *Ratatouille* em 2007.



Figura 46 – Captura de ecrã da animação desenhada por Michel Gagné no filme *Ratatouille*, 2007. Gagné representa de forma abstracta o que o personagem Remy degusta: queijo e morango.

No século XIX foram muitos os artistas que procuram explorar a ideia de sinestesia, através da união de diferentes sensações [Cytowic 1995]. A partir desse momento, surgiram os primeiros concertos de música e luz (*son et lumière*), órgãos de cor, teclados que controlavam diversas luzes de cor e notas musicais. O compositor russo Alexander Scriabin (1872–1915), através da sua sinfonia *Prometheus 1919* (O poema do Fogo), para orquestra, piano, órgão e coro, pro-

curou expressar a sua própria sinestesia. Para tal, transformou a sua sala de concertos “inundando-a” com jogos de luzes coloridas, de diversas formas, e com uma luz branca que “feria os olhos”.

Vasily Kandinsky (1866–1944) estudou a união de sensações, tanto a nível da sinestesia como aproveitando a sua aplicação artística. Explorou a harmonia entre a relação som-cor e utilizou expressões musicais para descrever as suas pinturas, nomeadamente “composições” e “improvisos”.

“Empreste os seus ouvidos à musica, abra os seus olhos para a pintura, e ... pare de pensar! Pergunte a si mesmo se o trabalho lhe permitiu ‘caminhar’ num mundo até então desconhecido. Se a resposta for sim, o que mais quer?”

Vasily Kandinsky, 1910, citado por Cytowic [Cytowic 1995]

A noção de que a sinestesia parecia ter uma ligação directa para o inconsciente, fez com que, na altura, as pessoas ficassem intrigadas. No entanto, com o tempo a atenção voltou-se para o comportamento “objectivo” que pudesse ser quantificado ou medido por máquinas. Desse modo, os seres humanos tornaram-se “sujeitos”, o indivíduo foi abandonado, e a mente tornou-se temporariamente uma caixa preta [Cytowic 1995].

Apesar da sinestesia ter tido uma forte presença na investigação no campo das artes há mais de cem anos, em psicologia e neurociência tem sido tratada apenas como curiosidade. Contudo, esta tendência inverteu-se, e uma nova geração de psicólogos e neurocientistas começou a explorar mais detalhadamente a área envolvente da sinestesia [Hubbard & Ramachandran 2005].

um autista savant

Daniel Tammet (n. 1979), um escritor inglês e ensaísta, é portador de autismo *savant*, uma forma rara de autismo de alto rendimento funcional [Daniel Tammet 2014]. No caso de Tammet, este tipo de disfunção é acompanhado de auto-consciência e domínio da linguagem, tornando-o ainda mais raro. Tornou-se escritor pela influência do escritor Anton Chekhov (1860 – 1904), pela sua visão única sobre a vida humana. Chekhov anotava num bloco de notas as suas observações sobre o mundo que o rodeava, detalhes que pareciam passar de despercebidos às outras pessoas [Tammet 2007].

Nos seus livros, Tammet explora a natureza da percepção e como diferentes formas de perceber geram diferentes formas de saber e compreender, acreditando que as nossas percepções pessoais estão no cerne de como adquirimos o conhecimento [Tammet 2007].

“Os meus mundos de palavras e números misturam-se com cor, emoção e personalidade. Como Juan disse, trata-se da condição a que os cientistas chamam sinestesia, um cruzamento pouco usual entre os sentidos.”

Daniel Tammet: Diferentes formas de saber, conferências TED (Março de 2014)

Para Tammet cada número tem associada uma forma e um carácter próprio (Figura 47). O número um é um clarão de luz branca, enquanto que o número seis é um “buraquinho negro” e muito triste. Para além da forma, cada número tem associado uma cor, sendo o número três a cor verde, o quatro a cor azul, e o cinco a cor amarela.

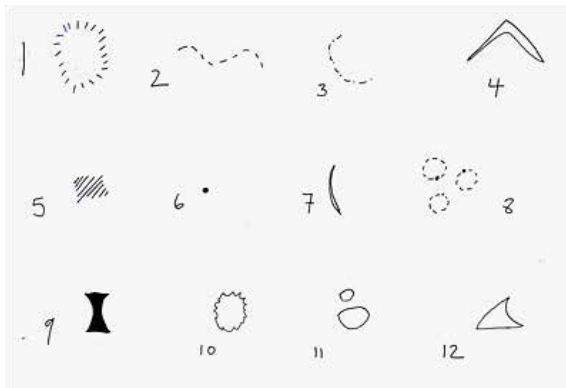


Figura 47 – Associação de uma forma a um número. Captura de ecrã do vídeo “Diferentes formas de saber”, conferências Ted, Daniel Tammet.

Na resolução de cálculos matemáticos, Tammet não os resolve conscientemente, para ele as respostas são espontâneas através de imagens mentais e números que aparecem na sua mente. É exemplo a multiplicação entre dois números primos. Das formas e do espaço que deixam entre si, cria uma nova forma, a resposta à soma (Figura 48).

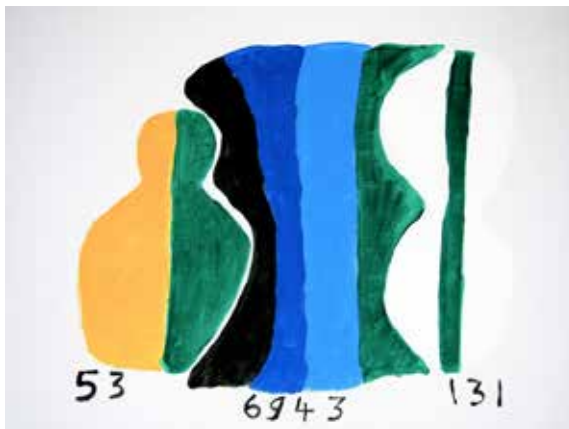


Figura 48 – Resolução do cálculo matemático 53×131 . Captura de ecrã do vídeo “Diferentes formas de saber”, conferências Ted, Daniel Tammet.

O número Pi também faz parte das pinturas de Tammet (Figura 49). Do número infinito, este pintou os seus vinte primeiros números decimais. Pegou nas cores, nas emoções e texturas, e conjugou-as todas numa espécie de “paisagem numérica rolante” [Tammet 2007].



Figura 49 – Pintura representativa do número Pi. Captura de ecrã do vídeo “Diferentes formas de saber”, conferências Ted, Daniel Tammet.

Mas Tammet não vê apenas números em cores, as palavras também têm cores, emoções e texturas. As expressões como os números expressam relações fundamentais entre os objectos, acontecimentos e forças que constituem o nosso mundo. Segundo a teoria de Tammet, a linguagem evolui de maneira a que os sons combinam, correspondem ao subjectivo, à experiência intuitiva pessoal do ouvinte [Tammet 2007]. Os poetas, como outros artistas, jogam com essa compreensão intuitiva, onde as palavras podem ter cores e emoções, números, formas e personalidades.

2.5 Mapeamento Entre Som e Cor

“Na impossibilidade de substituir o elemento essencial de cor por palavras ou outros meios encontra-se a possibilidade de uma arte monumental. Aqui, no meio de combinações extremamente ricas e diferentes, ainda está para ser descoberto aquele que se baseia no princípio [de que] o mesmo som interior pode ser processado no mesmo momento por diferentes artes. Mas para além deste som geral, cada arte irá exhibir esse elemento extra que é essencial e peculiar a si mesmo”

Wassily Kandinsky (1912)

A sinestesia abstracta entre os sentidos visão e audição — imagem e som — variavelmente conhecida como música ocular, música visual ou a música para os olhos, tem uma história que se estende por vários séculos de trabalhos de dezenas de profissionais talentosos [Ritter 1993].

Seguidamente, serão apresentados alguns desses trabalhos, bem como o tipo de mapeamento utilizado para obter os resultados finais.

cravo ocular

Um jesuíta francês chamado Louis-Bertrand Castel (1688–1757) foi o primeiro a responder com uma proposta teórica para a sinestesia cor-música [Peacock 1988]. Conhecido, desde muito cedo, por ser um matemático eminente e pela sua escrita, Castel escreveu dois grandes ensaios relativos ao *cravo ocular*.

O primeiro ensaio, em forma de uma carta extensa, datado 20 de Fevereiro de 1725 e publicado em Novembro do mesmo ano, pela *Mercure de France*. Após o primeiro ensaio, Castel desenvolveu as suas ideias e escreveu o seu segundo ensaio sobre o *cravo ocular*, *Nouvelles expériences d'optique e d'acoustique*, publicado em 1735 em *Mémoires de Trévoux*.

Castel considerava-se um filósofo em vez de um técnico, e por esse motivo, inicialmente, pretendia apenas teorizar sobre a viabilidade de fazer instrumentos-cor. No entanto, encontrou nas suas ideias algum cepticismo, levando-o a construir um novo modelo do *cravo ocular* que foi concluído em 1734. O verdadeiro objectivo de Castel com o *cravo ocular* não ficou correctamente definido, existindo a dúvida se Castel pretendia este instrumento para acompanhar som ou para substituir as cores por som de acordo com o seu sistema de correspondência [Peacock 1988]. As descobertas de Newton foram as grandes impulsionadoras para as experiências de Castel [Peacock 1988]. Newton, reflectindo preocupação com a ordem dos sistemas, considerou a ordem fundamental do espectro para a correspondência entre som e cor. Para ser equivalente à “ordem natural”, associou ao “Dó” o vermelho e ao “Si” o violeta. No entanto, Castel acreditava que a cor azul era análoga a “Dó”, e assim modificou a distribuição do espectro visível de Newton (Figura 50).



Figura 50 – Comparação da correspondência entre cor e música de Isaac Newton e Louis Bertrand Castel.

De maneira a descrever como se devia tocar o seu instrumento, Castel escreveu [Peacock 1988]:

“Quer azul? Coloque o dedo sobre a primeira tecla da esquerda. Quer a mesma, mas um grau mais leve? Toque na oitava nota. Se quer 2 graus, ou 3 graus..., toque a 15ª, ou 22ª, ou 29ª, ou a última da direita. Se quer azul-verde, toque a primeira da esquerda. Quer vermelho, e que vermelho? Vermelho-carmesim? Esse é a quarta preta. Só tem que... conhecer o cravo e saber que azul é Dó e vermelho é Sol, etc.. Isto pode conseguir após três dias de treino.”

Louis-Bertrand Castel [Peacock 1988]

Esta descrição, realizada por Castel, implica um instrumento de cinco oitavas. Em *Optique dès couleurs*, publicado em 1740, Castel propôs uma implementação do seu sistema de cores através de cravos construídos com doze oitavas. Ele acreditava que os limites da percepção auditiva humana abrangiam doze oitavas, de 16 a mais de 65 000 ciclos por segundo, e uma vez que as cores eram análogas aos sons, o arranjo das tonalidades das cores deviam seguir um padrão semelhante. Seriam conseguidas 144 cores diferentes para o “cravo ocular”, pela mistura de várias quantidades de branco e preto em cada um dos doze pigmentos.

Primeiro, Castel tentou usar prismas no seu instrumento, mas, provavelmente, as cores obtidas pela refração da luz não tinham luminosidade suficiente. Mais tarde fez outras experiências com velas, espelhos e papéis de cor. Cada tecla operava uma das 144 capas das velas cilíndricas, permitindo que a luz brilhasse através do papel de cor quando a chama surgisse.

Apesar de existirem poucas evidências de que o instrumento “cravo ocular” tenha alguma vez funcionado, as experiências e estudos realizados por Louis-Bertrand Castel foram responsáveis pelo desenvolvimento de outras teorias e instrumentos na primeira metade do século XIX [Peacock 1988].

clavilux

Thomas Wilfred (1889–1968), dinamarquês, foi para a América como cantor de música antiga onde se juntou a um grupo de teosofistas. Este grupo planeava construir um órgão de cor para demonstrar princípios espirituais. Inicialmente, Wilfred procurou um mapeamento entre som e cor “absoluto” como forma de expor esses princípios. Contudo, ao analisar cuidadosamente o trabalho de cor-música de seus predecessores, observando as falhas e divergências, Wilfred e o grupo concluíram que não existia nenhuma correspondência absoluta entre cor e som. Assim, Wilfred virou a sua atenção para uma arte de pura luz na qual som e música foram completamente excluídos ou admitidos como meros acessórios [Levin 2000].

Ao órgão de cor desenvolvido, Wilfred deu o nome de *Clavilux*, e à forma de arte resultante das projecções silenciosas de cores animadas o nome *Lumia* (Figura 51). Esta *Lumia*, que enfatizou o uso de metamorfose e correntes polimorfas de cores fluidas, permaneceu como a mais antiga sobrevivente da música-cor sobre a qual podemos fazer julgamentos estéticos justos [Popper 1968].



Figura 51 – Wilfred ensaia uma das suas composições *Lumia* para a tournée mundial de 1924-1925. Fonte: [Peacock 1988]

O primeiro *Clavilux* foi parcialmente concluído em 1919, mas apenas passados alguns anos de experiência é que em 10 de Janeiro de 1922 foi apresentado ao público em Nova Iorque. O principal instrumento era constituído por seis projectores e foi controlado a partir de um “teclado” que consistia em bancos de *sliders*. Uma disposição elaborada de prismas podia ser inclinada ou torcida em qualquer plano à frente de cada fonte de luz. A intensidade da cor era variada por seis reóstatos separados que Wilfred controlava. A selecção de padrões geométricos era efectuada através de um engenhoso sistema de discos contrabalançados. As performances resultantes de movimentação de luz foram comparadas por muitos como uma bela demonstração da aurora boreal [Peacock 1988].

Deems Taylor, compositor americano, crítico musical e promotor de música clássica, escreveu na altura sobre a performance [Peacock 1988]:

“O facto de que Clavilux de Thomas Wilfred é comumente conhecido como o órgão de cor, não é a única razão pela qual um crítico de música deveria ter assistido ao seu recital de ontem à noite em Aeolian Hall. ... Esta nova cor-arte poderia ser chamada de música para os olhos ... é a cor e luz e forma e movimento, mas não é pintura,

nem escultura, nem pantomima. É difícil transmitir por palavras. Descrevendo o Clavilux a alguém que não o tenha visto, é como descrever uma laranja a um Esquimó.”

Deems Taylor

Os instrumento e textos escritos de Wilfred são importantes pois dão voz à estética da *Lumia* como forma de arte integrante de direito próprio. As duas artes, *Lumia* e música, são para ele tão diferentes que “tentativas de projectar instrumentos *Lumia* como imitações de instrumentos musicais, provará ser tão fútil como tentativas de escrever composições *Lumia* seguindo as regras convencionais estabelecidas para a música”. Wilfred também argumentou que as normas que regem composição estática e harmonia de cores não se aplicam à forma e cor em movimento: “Se uma composição *Lumia* é interrompida em qualquer ponto, uma análise da imagem estática pode mostrar a forma e a cor em desequilíbrio do ponto de vista do pintor” [Levin 2000].

arTVox

Desde o aparecimento dos computadores que se tem tentado, de alguma forma, automatizar os processos humanos, como a inteligência e a criatividade.

ArTVox [Moroni et al. 2006], um ambiente evolutivo programado em Java, surgiu a partir da tentativa de imitar a criatividade computacional aplicada à produção artística, em domínios visuais e sonoros. Para tal, recorre a algoritmos genéticos interactivos, tendo como base alguns dos elementos visuais presentes nas obras de Kandinsky.

O algoritmo genético é, talvez, o mais conhecido e popularizado de todos os algoritmos que se inspiram nos princípios da evolução. Foram desenvolvidos por John Holland (n. 1929) na tentativa de explicar o processo de adaptação dos sistemas naturais para posterior projecção dos sistemas artificiais.

Os algoritmos genéticos têm um grande potencial na área artística, assim como na ciência, especialmente se a avaliação for interactiva e não automática. Em cada geração, a selecção de itens, a partir da qual se irá reproduzir a próxima geração, é feita por um ser humano. Esta metodologia é bastante adequada no meio da arte, onde os critérios de avaliação não são controversos e também imprecisos, ou mesmo desconhecidos. O olho humano tem um papel activo a desempenhar nesta abordagem homem-máquina, funcionando como o agente de selecção. Ele examina os descendentes e escolhe um para reprodução. Assim, o escolhido torna-se o progenitor da próxima geração e os seus descendentes são apresentados no ecrã. Este processo, seguindo a evolução da vida real, continua indefinida-

mente. No projecto *ArTVox*, os algoritmos genéticos interactivos são aplicados para compor tendo em conta os domínios visuais e sonoros.



Figura 52 – Obra de Kandinsky, *Composition VIII*, 1923.

Kandinsky escolheu cuidadosamente os elementos visuais presentes nas suas obras (Figura 52). A escolha dos elementos foi baseada na relação entre imagem e som, sendo a sua intenção transmitir com as suas obras uma interligação entre os domínios visuais e sonoros. Desta forma, foram criados objectos para o ambiente *ArTVox* baseados nos elementos visuais de Kandinsky. Por sua vez, *ArTVox* tem recursos para a geração automática de composições geométricas de curvas que podem ser traduzidas consoante a trajectória do som. Em cada iteração, a composição é gerada e apresentada ao utilizador para avaliação. Este pode atribuir a cada um uma nota - a aptidão - de 0 a 10, tendo como zero o padrão. Após a avaliação, o utilizador pode desenvolver a população de composições.

O grande objectivo da *ArTVox* é unir o domínio visual e sonoro, sendo o sub-projecto VOX POPULI um dos projectos bem sucedidos no domínio sonoro. Inserido na *ArTVox*, os controlos da interface utilizam mapeamento interactivo não-linear, que pode dar origem a atractores. Estes atractores são definidos como figuras geométricas que representam um conjunto de estados estacionários de um sistema dinâmico. Consequentemente, a peça musical consiste em vários conjuntos de matéria-prima musical manipulados e expostos ao ouvinte, por exemplo, alturas, harmonias, ritmos e timbres.

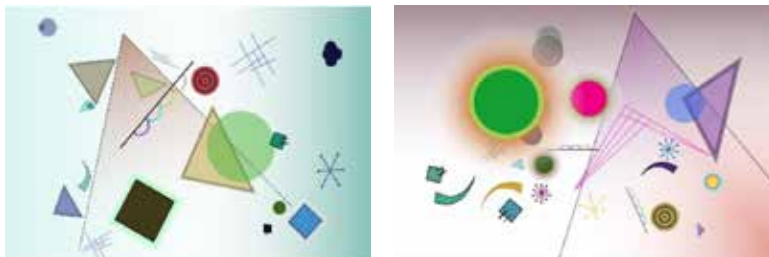


Figura 53 – *Kandinsky-like*. Composições geradas no projecto *ArTVox*. Fonte: [Moroni et al. 2006].

A modelação de uma peça de música como um sistema dinâmico implica uma visão em que o compositor desenha trajectórias ou órbitas, utilizando os elementos de cada conjunto (Figura 53).

Para mapear os atributos do domínio visual para o domínio do som, este projecto teve como base os paralelismos entre cor, forma e música estabelecidos por Kandinsky [Moroni et al. 2006]:

“No conjunto, as cores afiadas estão bem adaptadas por formas afiadas (por exemplo, um triângulo amarelo), e cores suaves e profundas por formas redondas (por exemplo, um círculo azul). Mas é preciso ter em atenção que uma combinação inadequada da forma e da cor não é necessariamente discordante, mas pode, com a manipulação, mostrar o caminho para novas possibilidades de harmonia... Na música a luz azul é como uma flauta, um azul mais escuro um violoncelo, um mais escuro um contrabaixo trovejante, e o azul mais escuro de todos um órgão...”

Wassily Kandinsky [Moroni et al. 2006]

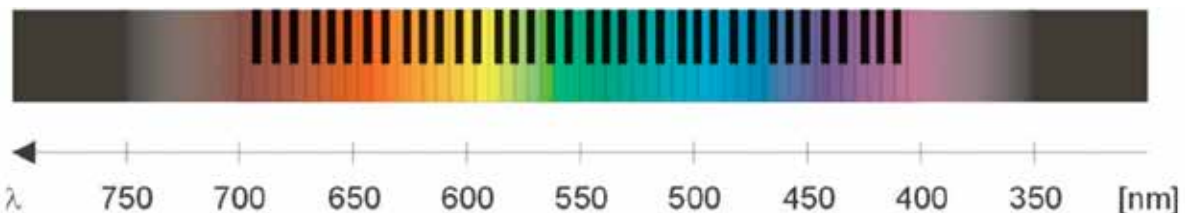
Com base na cor de Kandinsky e nas relações visuais propostas, o mapeamento é realizado de cores para instrumentos. No entanto, através de uma interface é possível ao utilizador alterar algumas características. De acordo com Kandinsky, qualquer paralelismo entre cor e música só pode ser relativo.

colmus

Colmus é um Hiper-instrumento desenhado e produzido pelo designer português André Rangel Macedo (n. 1971), resultante de um processo de composição multisensorial com o objectivo de implicar simultaneamente os sentidos da audição, visão e tacto dos utilizadores [Macedo 2009].

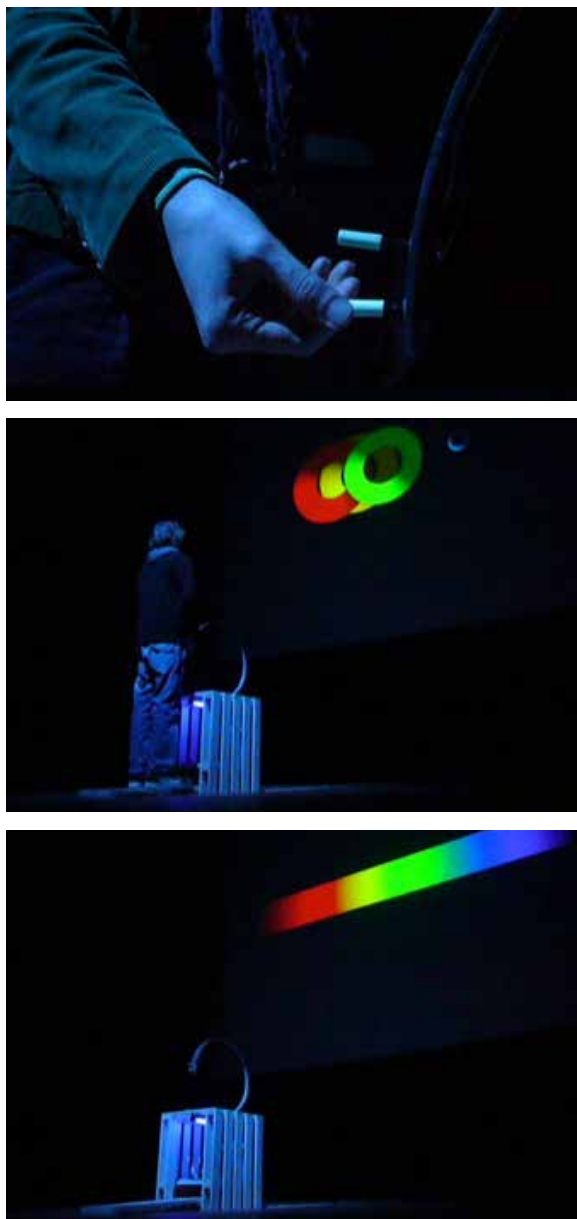
Este projecto propõe uma relação e um sistema de correspondência entre luz e som, justapondo o espectro de frequências audíveis e o espectro de frequências visíveis, para o mapeamento entre som e cor (Figura 54).

Figura 54 – Correspondência entre cor e frequência sonora.
Fonte: [Macedo 2009].



Na construção do hiper-instrumento, Macedo teve como referência o piano, por este ser o instrumento que produz o mais largo espectro de alturas musicais para a correspondência entre cor e frequência sonora. Desse modo, Macedo fez corresponder valores RGB a cada valor do comprimento de onda do espectro visível, associado à frequência fundamental de cada nota da tessitura do piano.

Com *Colmus* os utilizadores podem interagir com a composição (Figura 55), desenhando a sua linha melódica e controlando o número de batidas por minuto através de uma interface, tornando-se os *performers* deste trabalho artístico.



Figuras 55 – Hiper-instrumento *Colmus*. Fonte: [Macedo 2009].

PLANO DE
TRABALHO E
METODOLOGIAS

3 PLANO DE TRABALHO E METODOLOGIAS

Este capítulo destina-se à apresentação do plano de trabalho e à descrição das metodologias adoptadas para o desenvolvimento do projecto.

3.1 Plano de Trabalho

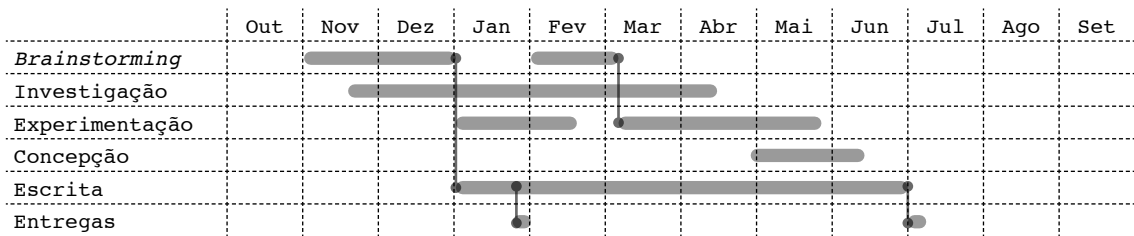


Tabela 1 – Gráfico temporal previsto do plano de trabalho.

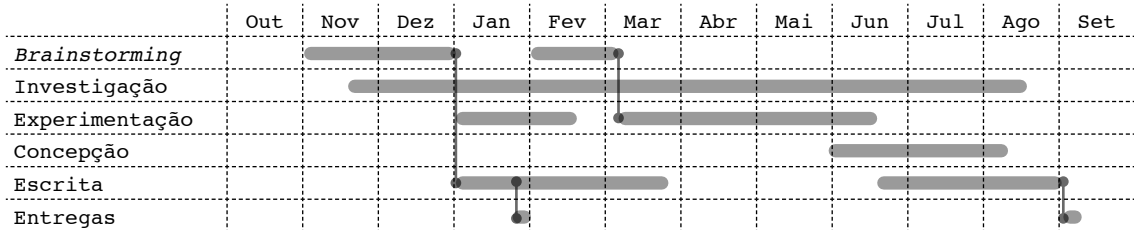


Tabela 2 – Gráfico temporal final do plano de trabalho.

Como se pode observar na Tabela 1, que apresenta uma síntese do plano de trabalho original, foram previstas seis tarefas essenciais que estão interligadas e dependentes entre si: *brainstorming*, investigação, experimentação, concepção, escrita e entregas.

Em termos de calendarização, não foi possível cumprir com o plano de trabalho original, sendo necessário, em algumas tarefas, criar interrupções ou aumentar o seu tempo de calendarização, resultando no plano de trabalho final, ilustrado na Tabela 2.

Assim, as seis tarefas principais tiveram a seguinte gestão de tempo:

- *Brainstorming*: dividido em dois momentos, sendo o primeiro relativo à reflexão e definição da proposta de dissertação, e o segundo à preparação da fase de experimentação.

- **Investigação:** o processo de investigação começou imediatamente a seguir ao *brainstorming*, quando surgiram as primeiras ideias para a proposta. Esta tarefa, através da recolha inicial de várias referências, permitiu o conhecimento do que já foi realizado. Durante o desenvolvimento do projecto teve-se a necessidade de alargar o tempo de duração desta tarefa de modo a apoiar a parte prática do projecto.
- **Experimentação:** consistiu na exploração prática resultante da investigação teórica, de modo a explorar as diversas possibilidades visuais que se poderia obter.
- **Escrita:** documentação de todo o trabalho de investigação e todo o trabalho realizado durante a dissertação. Com a alteração da calendarização da tarefa investigação e com a necessidade de investir o máximo de tempo na fase de experimentação, esta tarefa teve que ser interrompida, e depois prolongada até o início de Setembro.
- **Entregas:** resultantes da conclusão da escrita. A primeira entrega correspondeu à entrega intermédia e a segunda ao relatório final da dissertação. Com o atraso de algumas tarefas, a última entrega, inicialmente calendarizada no mês de Julho, foi alterada para o início do mês de Setembro.

3.2 Metodologias

Para o desenvolvimento desta dissertação foi importante seguir um conjunto de metodologias, de modo a conseguir concretizar o plano de trabalho, referido anteriormente, e, assim, atingir os objectivos propostos. O conjunto de métodos foi dividido em três subconjuntos.

O primeiro subconjunto foi dedicado à investigação em artigos e páginas web sobre som e cor, mais propriamente os diferentes tipos de mapeamentos entre som e cor, e imagem e fotografia. Esta primeira fase de investigação funcionou como base para a componente prática, servindo como ponte para o desenvolvimento de competências e conhecimentos necessários para a construção de um projecto sólido e funcional.

O segundo subconjunto abrangeu todas as metodologias necessárias para a fase de experimentação e desenvolvimento de todo o projecto. Para tal, foi necessário recorrer a bibliotecas de sons, para que fosse possível detectar qual o tipo de som captado através da comparação com a biblioteca de sons, e o uso de programas como o *Processing*, o *Max/MSP* e *Weka* para o desenvolvimento e implementação da aplicação.

A última metodologia utilizada foi na fase de avaliação da aplicação. Este método consiste numa avaliação e reflexão com base nas “10 heurísticas de Nielsen”.

PROJECTO

4 PROJECTO

4.1 Conceptualização e Directrizes

A sinestesia aplica-se quando se une ou se relaciona dois planos sensoriais diferentes. Com este projecto pretende-se unir a audição com a visão — através de um mapeamento entre som e cor, possibilitando a criação de uma imagem representativa dessa multisensorialidade.

Para mapear o som em cor existem várias possibilidades. Desde a associação directa entre a frequência do som e o espectro visível da cor, a atribuição aleatória de um som a uma cor, ou a tentativa de relacionar as sensações emotivas transmitidas pelo som com a cor.

Devido à vasta diversidade de sons, este projecto foca-se nos sons mais comuns do quotidiano, como carros, pessoas, chuva e sons de emergência.

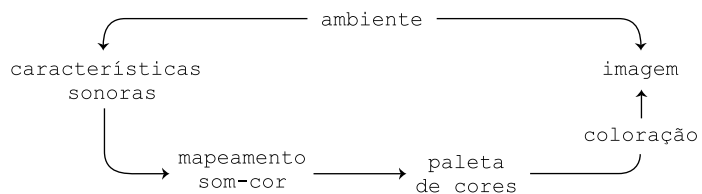
4.2 Exploração Preliminar

O exercício preliminar foi realizado na fase inicial da dissertação, com o intuito de explicitar parte do processo de criação e artefactos encontrados durante o desenvolvimento desta dissertação.

ideia

Como se pode observar na Figura 56, a ideia consistiu em extrair informação do ambiente em que se está inserido — as características sonoras e a imagem, em tons de cinza, do que é visível. Através das características sonoras, nomeadamente o *pitch*, *loudness*, *brightness*, *polyphonicPitch* e *bark*, foi realizado o mapeamento som-cor, tendo como resultado uma paleta de cores. A imagem anteriormente captada em tons de cinza, por meio da paleta de cores extraída, sofre alteração da sua coloração, resultando numa nova imagem sinestésica.

Figura 56 – Esquema representativo da criação de uma imagem sinestésica.



implementação

No exercício preliminar, apenas foi implementado parte do esquema apresentado anteriormente — a coloração (Figura 57).



Figura 57 – Esquema representativo da fase de implementação.

A escolha da coloração deveu-se ao facto de se necessitar de perceber a viabilidade da atribuição de uma paleta de cor a uma imagem, e se o produto resultante da coloração seria satisfatório a nível gráfico.

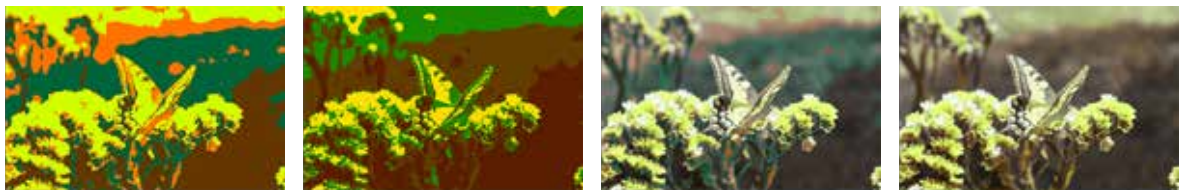
A implementação, realizada em *Processing*, consistiu num programa construído por diversas fases. Numa primeira fase, o programa recebe uma imagem a cores e passa-a a tons de cinza. De seguida é definida uma paleta de cores, de modo aleatório, e através do processo de coloração é atribuída à imagem, não tendo em consideração as características sonoras. Este processo de coloração consiste na relação directa entre um intervalo de cinza e uma cor da paleta. Ou seja:

```
Se (cinza > 0 && cinza < 40):  
    novaCorImagem = castanho;  
fimDeSe;
```

Quanto maior for o número de cores da paleta, maior será o número de intervalos de cinza.

resultados preliminares

Através do programa desenvolvido para a coloração da imagem, foram obtidos os seguintes resultados gráficos (Figuras 58):



Figuras 58 – Resultados gráficos da coloração da imagem.

Esta fase preparatória, de experiências preliminares, foi realizada para testar a complexidade do projecto, verificando-se, assim, que seria possível a sua realização. Apesar das experiências realizadas não considerarem o som envolvente, mas uma paleta de cores pré-definida, o resultado foi satisfatório. Através da experiência realizada

surgiram novas hipóteses para a manipulação da imagem, permitindo, no desenvolvimento do projecto, explorar mais possibilidades gráficas.

4.3 Desenvolvimento Prático

O processo de desenvolvimento deste projecto é constituído por três etapas principais: classificação do som, mapeamento do som em cor e, finalmente, o processo de coloração da imagem.

4.3.1 Classificação do Som

De modo a desenvolver este projecto foi necessária a criação de um programa que permitisse a classificação de sons. Para tal, começou-se por desenhar um esquema (Figura 59) que ilustrasse os pontos principais que se teriam de ter em consideração no seu desenvolvimento, de modo a facilitar a sua construção.

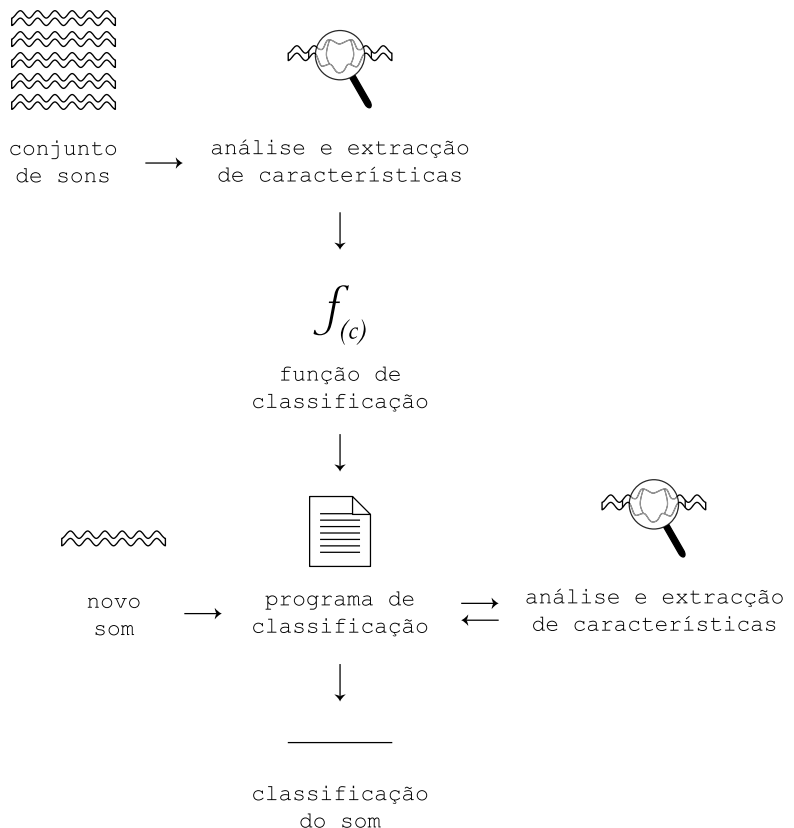


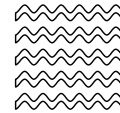
Figura 59 – Tarefas necessárias para o desenvolvimento do programa de classificação de sons.

Numa visão prematura e generalizada, foi necessário um conjunto de sons, dos quais se extraíram várias características sonoras, que se armazenaram num ficheiro. Por sua vez, para o processo de classificação foi necessário criar dois conjuntos de características, um de treino e outro de teste. O conjunto de treino composto por 70% das entradas do ficheiro e suas respectivas categorias, e o conjunto de teste pelas restantes 30%. O algoritmo de classificação analisa os dados presentes no conjunto de treino e produz uma função de classificação, testada pelo conjunto de teste, que se utiliza para categorizar novas entradas. Tendo a função definida, integrámo-la num programa que, ao receber um novo som, e a através de um processo interno de análise e extracção de características, devolve a sua classificação.

Estando o plano desta primeira etapa bem definido, começou-se com o desenvolvimento prático do projecto.

conjunto de sons

A primeira tarefa foi criar um conjunto de sons, identificando-os individualmente, para que fosse possível criar um catálogo de sons. Após a formação do catálogo abrangendo todos os sons recolhidos, foi essencial restringirmos o projecto a categorias sonoras específicas. O catálogo de sons criado foi assim constituído por alguns dos sons presentes do quotidiano subdivididos em diferentes categorias.



O catálogo foi dividido em dois conjuntos principais, os sons de *background* e *foreground*. O conjunto de sons de *background*, ou sons de fundo, foi sub-dividido em cinco categorias: chuva, mar, pessoas, veículos e vento. Por sua vez os sons de primeiro plano, ou conjunto de sons de *foreground*, foram divididos em oito categorias: buzinas, cães, sons de emergência, gaivotas, galos, pássaros, pombos e sinos.

Após estarem definidas as diferentes categorias, foi necessário passar à recolha dos sons. Para tal, recorreu-se a algumas bibliotecas de sons já existentes, *soundjay*, *soundbible*, *freeSound* e *grites*. No total foram recolhidos 248 sons, 98 sons de *background*, e 144 sons de *foreground*, fazendo uma média de 19 sons por categoria. Na Tabela 3 é demonstrado pormenorizadamente o número de sons por categoria.

Com o catálogo de sons completo, foi necessário editar cada som individualmente, excluindo o ruído e os momentos de quebra, seleccionando apenas a amostra que identificava correctamente a categoria correspondente.

	categoria	nº de sons
Sons <i>background</i>	Chuva	21
	Mar	19
	Pessoas	19
	Veículos	22
	Vento	17
Sons <i>foreground</i>	Buzina	22
	Cães	20
	Emergência	21
	Gaivotas	20
	Galos	19
	Pássaros	15
	Pombos	12
	Sinos	15

Tabela 3 – Número total de sons por categoria.

análise e extracção de características



Tendo a primeira tarefa concluída, passou-se à análise e extracção das características sonoras. Para tal, foi necessário desenvolver um programa, utilizando a linguagem e o ambiente de desenvolvimento *Processing*, que permitisse a leitura e análise de cada som e exportasse no final um ficheiro com as características sonoras, para uma utilização posterior (Figura 60). Esta segunda tarefa, “análise e extracção de características”, foi executada por duas vezes, uma para o conjunto de sons de *background* e outra para os sons de *foreground*.

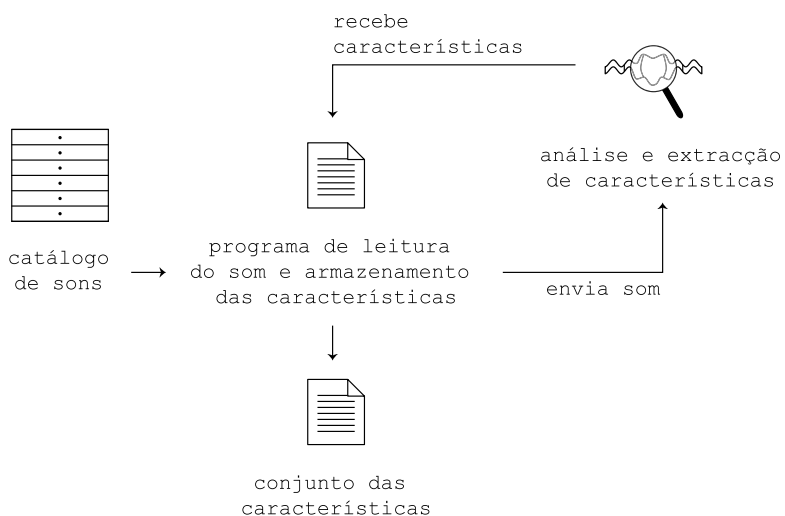


Figura 60 – Tarefas necessários para a criação do programa de leitura de sons e armazenamento das características sonoras.

O programa desenvolvido, *analiseSonsForeground*, inicia com a leitura dos sons. Desse modo, este começa por percorrer o conjunto de sons e as suas respectivas categorias (ex: cães e gaivotas, para os conjunto de sons de *foreground*), seleccionando um som para análise. Tendo o som seleccionado, este envia-o para o programa externo *analiseSom*, criado em *Max/MSP*, que procede à leitura e análise das características sonoras. O programa *Max/MSP* é um ambiente de programação visual para multimédia e música.

O programa *analiseSom* (Figura 61), para a análise e extracção de características do som, recebe a directoria do ficheiro, enviado pelo programa em *Processing*, através da biblioteca *MaxLink*, que permite a ligação entre os dois programas, *Processing* e *Max/MSP*. Recebendo a directoria onde se encontra o ficheiro, este procede à abertura, reprodução e análise do som. Para a análise, recorreu-se ao uso de uma biblioteca de extracção do *Max/MSP*, *analyzer*. Com o uso desta biblioteca foi possível obter as seguintes características sonoras: *pitch*, a altura do som; *loudness*, que diz respeito à intensida-

de; *brightness*, o brilho do som; *bark*, decomposição espectral segundo a escala de *Bark*; e por último, *polyphonic pitches*, que consiste numa lista que devolve a frequência e a amplitude do som. Enquanto decorre o processo de análise, os valores obtidos de cada característica são enviados para o programa *analiseSonsForeground*, onde são devidamente armazenados nas listas correspondentes.

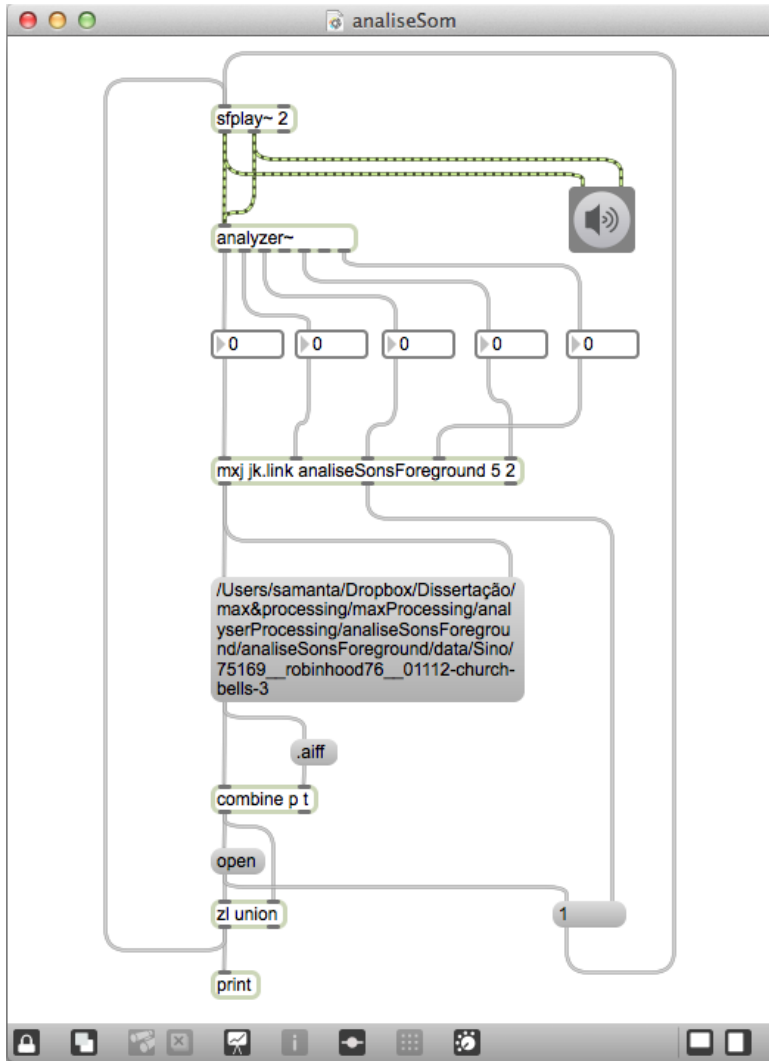


Figura 61 – Programa *analiseSom* criado em *Max/MSP* para a análise e extração das características sonoras (*pitch*, *loudness*, *brightness*, *bark* e *polyphonic pitches*).

Estando o processo de análise concluído, foi desenvolvida uma função, inserida no programa *analiseSonsForeground* para a análise do som. Desta forma, para cada lista de características extraídas, foram realizadas as seguintes medidas estatísticas:

- Média = $\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$

$$\bullet \text{ Desvio Padrão} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$\bullet \text{ Curtose} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^4}{(n-1) \times s^4}$$

$$\bullet \text{ Obliquidade} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1) \times s^3}$$

Com os resultados dos cálculos realizados às características sonoras, procedeu-se à sua inserção num ficheiro de extensão .arff, tendo em conta os seguintes formatos:

Para o conjunto de sons de *BACKGROUND*:

```
média_Pitch, desvioPadrão_Pitch, curtose_Pitch,
obliquidade_Pitch, média_Loudness, desvioPadrão_Loudness,
curtose_Loudness, obliquidade_Loudness, média_Brightness,
desvioPadrão_Brightness, curtose_Brightness,
obliquidade_Brightness, média_PolyphonicPitch,
desvioPadrão_PolyphonicPitch, curtose_PolyphonicPitch,
obliquidade_PolyphonicPitch, média_Bark,
desvioPadrão_Bark, curtose_Bark, obliquidade_Bark,
categoria_Som
```

Exemplo:

```
62.687973, 3.780534, 4.2418604, 1.0335238, -32.227924,
1.3568759, 48.40408, -2.8557541, 7661.2153, 265.9556,
3.3760326, 0.19694477, 34.511353, 31.460625, 1.0635439,
-0.16913766, -35.384357, 4.435027, 3.1697395, -0.39590302,
Chuva
```

Para o conjunto de sons de *FOREGROUND*:

```
média_Pitch, desvioPadrão_Pitch, curtose_Pitch,
média_Loudness, desvioPadrão_Loudness, curtose_Loudness,
média_Brightness, desvioPadrão_Brightness,
curtose_Brightness, média_PolyphonicPitch,
desvioPadrão_PolyphonicPitch, curtose_PolyphonicPitch,
média_Bark, desvioPadrão_Bark, curtose_Bark, categoria_Som
```

Exemplo:

```
63.53271, 1.1841551, 3.6311548, -7.364486, 7.6026225,
23.555288, 2684.8691, 409.2384, 5.330846, 62.962616, 6.252434,
97.02282, -38.373833, 4.41593, 3.758167, Buzina
```

Verifica-se uma diferença nos formatos apresentados para os dois conjuntos, pois nos sons de *background* são calculadas as quatro funções para cada característica sonora, enquanto que nos sons de *foreground*, apenas é considerado o cálculo de três das funções: a média, o desvio padrão e a curtose. Esta diferença deve-se pelo facto de na etapa seguinte, função de classificação, se obter um melhor resultado na classificação do conjunto de sons de *foreground*, sem o cálculo da obliquidade.

No início da execução do programa, *analiseSonsForeground*, antes de qualquer inserção de dados, foi criado e inserido num ficheiro, de extensão .arff, um cabeçalho, de modo a cumprir com as especificações necessárias à tarefa seguinte — geração da função de classificação. No cabeçalho (Figura 62) são definidos os atributos do tipo numérico, correspondentes aos cálculos efectuados sobre as características extraídas, e do tipo classe. Este último é definido por uma lista que contém todas as categorias existentes no conjunto de sons analisado.

```

@RELATION som
@ATTRIBUTE pitch NUMERIC
@ATTRIBUTE dPitch NUMERIC
@ATTRIBUTE kortPitch NUMERIC
@ATTRIBUTE loudness NUMERIC
@ATTRIBUTE dLoudness NUMERIC
@ATTRIBUTE kortLoudness NUMERIC
@ATTRIBUTE brightness NUMERIC
@ATTRIBUTE dBrightness NUMERIC
@ATTRIBUTE kortBrightness NUMERIC
@ATTRIBUTE polyphonicPitche NUMERIC
@ATTRIBUTE dPolyphonicPitche NUMERIC
@ATTRIBUTE kortPolyphonicPitche NUMERIC
@ATTRIBUTE bark NUMERIC
@ATTRIBUTE dBark NUMERIC
@ATTRIBUTE kortBark NUMERIC
@ATTRIBUTE class {Emergência, Buzina, Cães, Gaivotas, Galos, Pássaros, Pombos, Sino}

@DATA
63.53271,1.1841551,3.6311548,-7.364486,7.6026225,23.555288,2684.8691,409.2384,5.330846,62.962616,6.252434,97.02282,-38.373833,4.41593,3.750167,Buzina
66.52,1.9174634,2.6413298,-23.6,6.6017675,4.193143,1245.64,603.2579,5.0221357,21.36,31.796072,1.5412701,-5.08,4.61808,2.1931562,Buzina
67.56,2.6814556,6.1601357,-15.18,9.641937,3.8851438,2278.52,477.8881,3.5485675,54.34,27.52855,3.1541235,-14.78,4.9991426,6.550576,Buzina
65.13725,3.3032825,3.470556,-14.813725,8.405244,7.8988924,1889.6372,255.93677,15.850348,58.666668,20.676836,7.0778394,-25.30392,5.693124,4.2874136,Buzina
61.836735,3.347541,4.321337,-14.020409,13.077475,6.2843566,1599.7415,387.79623,3.3779519,24.789116,30.470554,1.1991391,-28.29932,7.6699176,6.4394445,Buzina

```

Estando terminada a análise de sons e o cálculo das funções associado a cada característica, o programa *analiseSonsForeground* devolve um ficheiro (Figura 62) contendo todas as características sonoras correspondentes ao conjunto de sons analisado. No ficheiro, para além de estarem definidos todos os atributos, encontram-se especificadas as instâncias, ou seja, cada linha corresponde às características sonoras de cada som analisado. Assim, com esta etapa concluída, são obtidos dois ficheiros com características sonoras. Um contendo as características dos sons pertencentes ao conjunto de *background*, e outro com as características dos sons de *foreground*.

Figura 62 – Ficheiro criado pelo programa *analiseSonsForeground*, contendo as características sonoras extraídas dos sons analisados. Na figura, as categorias apresentadas correspondem ao conjunto de sons de *foreground*.

função de classificação

$f_{(c)}$ Para obter uma função que classificasse o som recebido, foi necessário recorrer a um método de aprendizagem supervisionada. O princípio geral deste tipo de aprendizagem baseia-se na existência de exemplos classificados por um instrutor. Assim, a partir de um conjunto de exemplos concretos pretende-se chegar a uma descrição geral do conceito ou regras que os exemplos traduzem. Essa descrição pode ser vista como uma função. No entanto, como a aprendizagem é feita com base num conjunto limitado de exemplos, é de admitir que o resultado a que se chega é apenas uma aproximação do resultado correcto [Costa & Simões 2008]. Para constituir o conjunto de exemplos, foram usados os ficheiros resultantes da etapa anterior, análise e extracção de características.

Assim, para gerar uma função de classificação, que recebendo as características sonoras de um som como entrada, devolvesse a categoria a que pertence (ex: pássaros, veículos ou vento), foi necessário recorrer a um programa denominado *Weka*, *Waikato for Knowledge Analysis* (Figura 63). Este programa consiste numa colecção de algoritmos de aprendizagem automática, desenvolvido na Universidade de Waikato, Nova Zelândia.

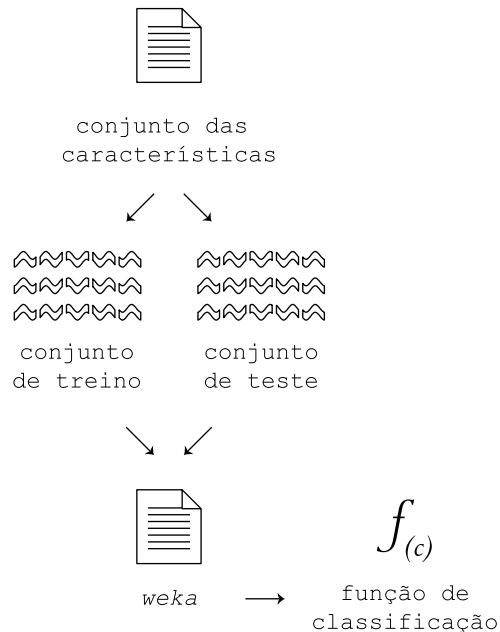


Figura 63 – Programa criado em *Max/MSP* para a análise e extracção das características sonoras.

Em semelhança à tarefa anterior, análise e extracção de características, esta tarefa, função de classificação, foi repetida duas vezes, uma para o conjunto de características do conjunto de sons de *background* e outra para o conjunto de sons de *foreground*. Assim, no final desta tarefa foram obtidas duas funções de classificação distintas. Deste

modo, para gerar uma função de classificação, dividiu-se o conteúdo do ficheiro, constituído por todas as características de sons correspondentes ao conjunto de sons seleccionado (ex: *background*), em dois ficheiros, denominados conjunto de treino e conjunto de teste. A divisão do conteúdo do ficheiro foi realizada do seguinte modo: 70% das características sonoras para o conjunto de treino e os restantes 30% para o conjunto de teste. Ambos os ficheiros, conjunto de treino e teste, mantiveram o cabeçalho do ficheiro constituído pelo conjunto de todas as características.

Na Tabela 4 é possível observar o número de instâncias que constituíram o conjunto de treino e teste, associado a cada categoria.

	categoria	conjunto de treino	conjunto de teste	nº total instâncias
Sons <i>background</i>	Chuva	15	6	21
	Mar	14	5	19
	Pessoas	14	5	19
	Veículos	16	6	22
	Vento	12	5	17
Sons <i>foreground</i>	Buzina	16	6	22
	Cães	14	6	20
	Emergência	15	6	21
	Gaiivotas	14	6	20
	Galos	14	5	19
	Pássaros	11	4	15
	Pombos	9	3	12
Sinos	11	4	15	

Tabela 4 – Número total de instâncias associado a cada categoria, 70% correspondentes ao conjunto de treino e os restantes 30% ao conjunto de teste.

Tendo os dois conjuntos definidos, de treino e de teste, foi possível avançar para a próxima fase, a procura de uma função de classificação que obtivesse os melhores resultados possíveis. Esta fase baseou-se na experimentação dos diferentes algoritmos de aprendizagem disponibilizados pelo programa *Weka*.

Assim, na procura do melhor algoritmo, foi necessário avaliar o conjunto de treino para que, através do conjunto de todas as instâncias, este devolvesse a melhor regra ou função que melhor se adequasse aos dados fornecidos, e conseqüentemente devolvesse a função de classificação que classificasse correctamente o máximo de instâncias possíveis. Após a definição da função de classificação, esta era testada através do conjunto de teste, devolvendo a percentagem das instâncias correctamente classificadas (Figura 64).

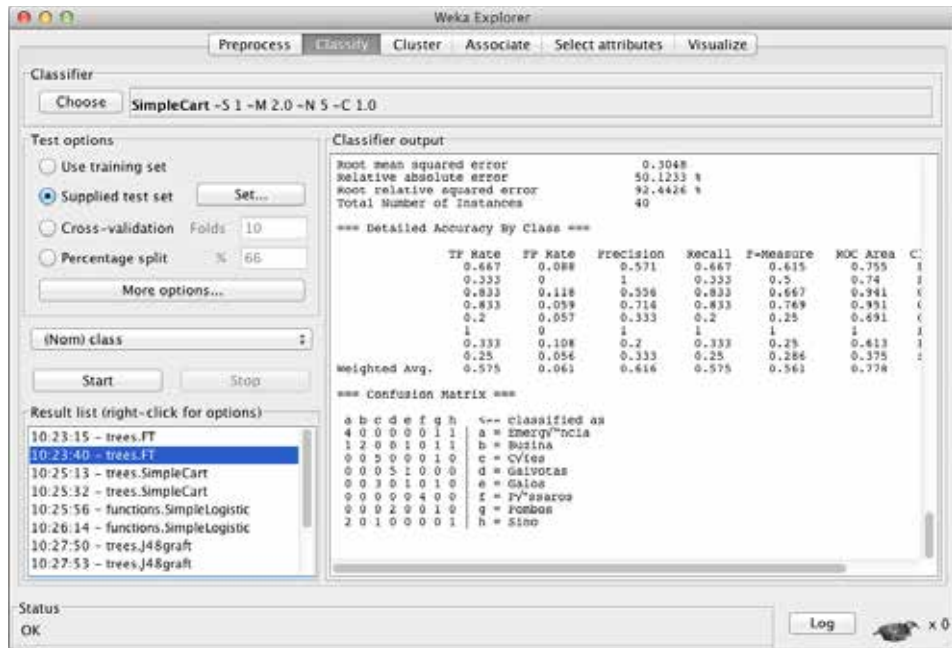


Figura 64 – Captura de ecrã do programa *Weka* com o resultado da classificação do conjunto de sons de *foreground*.

De todos os algoritmos que foram testados através do programa *Weka*, para ambos os conjuntos de sons de *background* e *foreground*, a fim de encontrar os melhores resultados na classificação, destacam-se os seguintes com uma maior percentagem correcta (Tabela 5):

	algoritmo	treino - % instâncias correctas	teste - % instâncias correctas
sons <i>background</i>	FT - <i>functional trees</i>	90.1	59.3
	<i>Simple Cart</i>	78.9	66.7
	<i>Simple Logistic</i>	88.73	66.7
	J48	91.54	48.14
sons <i>foreground</i>	FT - <i>functional trees</i>	80.76	47.5
	<i>Simple Cart</i>	67.3	42.5
	<i>Simple Logistic</i>	83.65	65
	J48	89.42	57.5

Tabela 5 – Percentagem de instâncias correctamente classificadas no conjunto de treino e teste, tendo em conta o algoritmo testado.

Tendo em conta os resultados obtidos na classificação do conjunto de teste, para o conjunto de sons de *background*, foi escolhido o algoritmo *Simple Cart* [Breiman et al. 1984]. A escolha por este algoritmo, apesar de apresentar a mesma percentagem de instâncias correctamente classificadas no conjunto de teste que o algoritmo *Simple Logistic*, deveu-se ao facto de este após implementado em *Processing*, não alterar sua taxa de sucesso. Quando implementado o algoritmo *Simple Logistic* verificou-se que a taxa de sucesso reduzia significativamente em relação aos valores iniciais.

Simple Cart — *Classification and Regression Trees*, é um algoritmo do tipo árvore de decisão. Estruturado com uma sequência de perguntas, as respostas são determinantes para definir qual a próxima pergunta, ou mesmo o fim da árvore. O resultado final consiste numa árvore, em que nas extremidades dos ramos se encontra os nós finais, ou seja a classificação pretendida.

Na Figura 65, está representado o modelo da árvore de decisão resultante da classificação do algoritmo *Simple Cart*, através da análise do conjunto de treino.

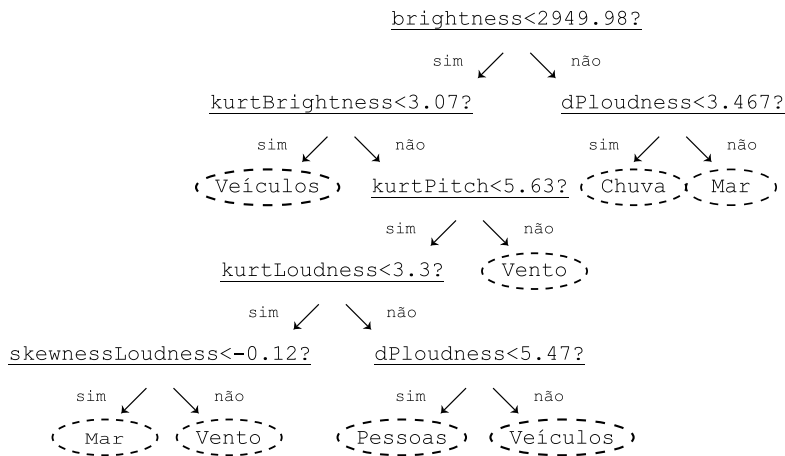


Figura 65 – Árvore de decisão obtida na classificação dos sons de *background* através do algoritmo *Simple Cart*.

Observando a árvore, é possível perceber o funcionamento do processo de classificação para os sons de *background*. Numa situação onde o valor de *brightness*, que representa a média dos valores obtidos pela característica sonora brilho, for menor que 2949.98 e o valor de *kurtBrightness* (calculado da curtose referente à característica brilho), for menor que 3.07, o resultado da classificação para o som é veículos. Se a resposta fosse negativa, seria necessário percorrer o resto dos ramos até encontrar um nó final.

Tendo a árvore de decisão definida, que permite a classificação dos sons de *background*, foi necessário submeter o conjunto de teste para testar a classificação. Após o teste, obteve-se a seguinte matriz de confusão (Figura 66):

a	b	c	d	e	<-- classificado como
5	0	0	0	1	a = Veículos
0	5	1	0	0	b = Chuva
0	0	3	2	0	c = Mar
1	0	0	4	0	d = Pessoas
1	0	3	0	1	e = Vento

Figura 66 – Matriz de confusão dos sons *background*, testados com o algoritmo *Simple Cart*.

Através da matriz obtida, é possível observar que os seis sons previamente classificados como veículos, foram correctamente classificados em cinco sons e um incorrectamente classificado como vento.

Para o conjunto de sons de *foreground*, o algoritmo que proporcionou uma melhor percentagem na classificação do conjunto de teste, foi o algoritmo *Simple Logistic*, com uma percentagem de 65% de instâncias correctamente classificadas. No entanto, apesar de este apresentar uma percentagem superior relativamente aos restantes algoritmos, quando a sua função foi implementada em *Processing* a percentagem reduziu para 30%. Desse modo, foi necessário escolher um algoritmo que depois de ser implementado em *Processing* a sua percentagem não fosse alterada. Assim, foi escolhido o algoritmo J48, com o qual se obteve uma taxa de 57.5% na classificação do conjunto de teste.

J48 é uma implementação *Java open source* do algoritmo C4.5 no programa *weka*, e à semelhança do algoritmo *Simple Cart*, é um algoritmo do tipo árvore de decisão. O algoritmo C4.5 foi desenvolvido por Ross Quinlan e proporciona uma boa precisão na classificação, sendo considerado o mais rápido, quando comparado com a memória principal de outros algoritmos de aprendizagem máquina e *data mining* [Ruggieri 2002]. Assim, como resultado da classificação do conjunto de sons de *foreground* no programa *weka*, obteve-se uma função do tipo árvore de decisão. Na Figura 68 está representado o modelo da árvore de decisão resultante da classificação do algoritmo J48, através da análise do conjunto de treino.

À semelhança da árvore obtida na classificação do conjunto de treino dos sons de *background*, para se obter o resultado da classificação é necessário percorrer os ramos da árvore até que seja encontrado o nó final. No caso de o valor de *brightness* for menor ou igual que 2472.8, o valor de *dPpitch* menor ou igual que 3.13 e o valor de *loudness* menor ou igual que -16.5, o resultado da classificação do som é “Cães”.

Tendo a árvore de decisão definida, que permite a classificação dos sons de *foreground*, foi necessário submeter o conjunto de teste para testar a classificação. Após o teste, obteve-se a seguinte matriz de confusão (Figura 67):

a	b	c	d	e	f	g	h	<-- classified as
3	3	0	0	0	0	0	0	a = Emergência
0	2	0	2	0	2	0	0	b = Buzina
0	0	3	0	2	0	0	1	c = Cães
0	0	0	6	0	0	0	0	d = Gaivotas
0	0	1	2	2	0	0	0	e = Galos
0	0	0	0	0	4	0	0	f = Pássaros
0	0	3	0	0	0	0	0	g = Pombos
0	0	0	0	1	0	0	3	h = Sino

Figura 67 – Matriz de confusão dos sons *foreground*, testados com o algoritmo J48.

Através da matriz obtida, é possível observar como são classificados os sons do conjunto de teste.

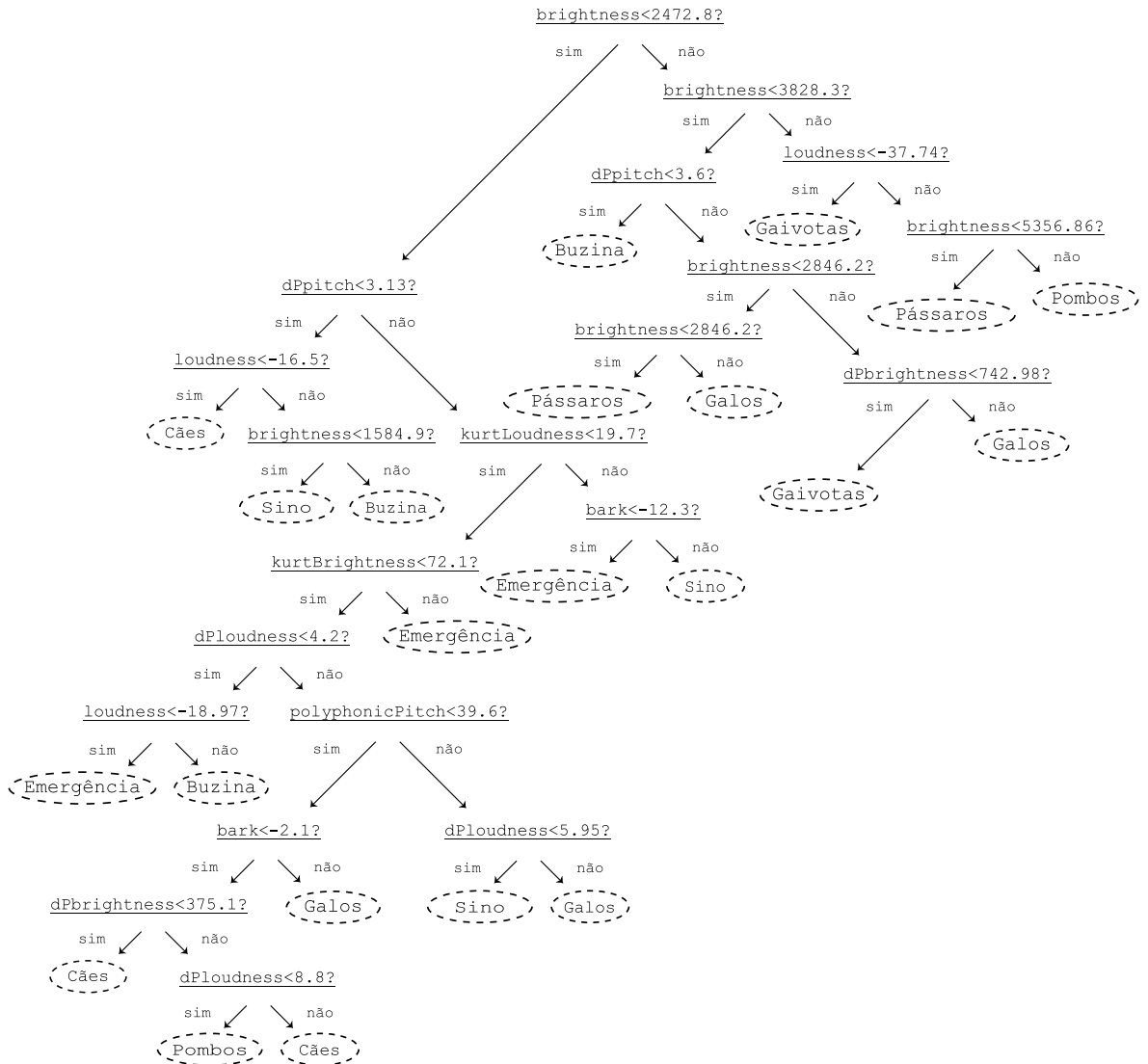


Figura 68 – Árvore de decisão obtida na classificação dos sons de foreground através do algoritmo J48.

programa de classificação

A última tarefa da secção 4.3.1 - Classificação do som, diz respeito ao desenvolvimento de um programa de classificação de sons. Este programa, desenvolvido através da linguagem *Processing*, é o culminar do que foi abordado nas etapas anteriores, permitindo obter a classificação das possíveis categorias presentes num determinado som.



Na Figura 69 está representado genericamente, como o programa funciona.

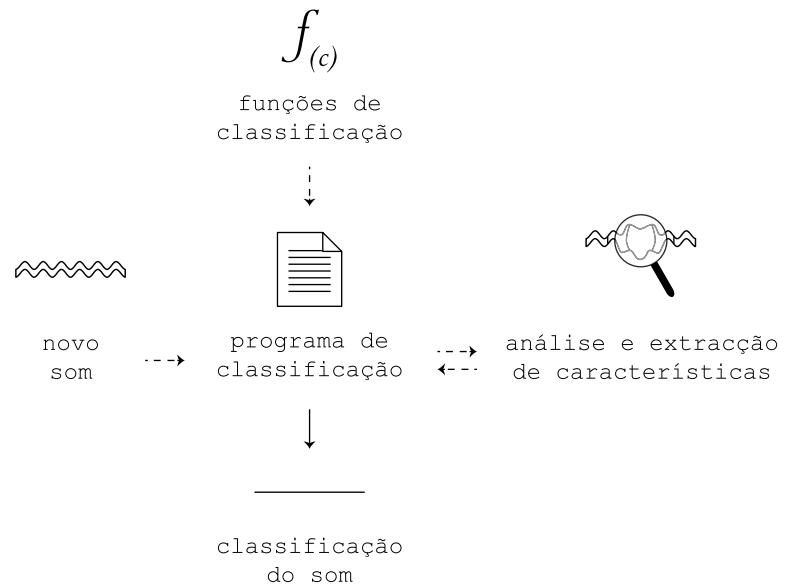
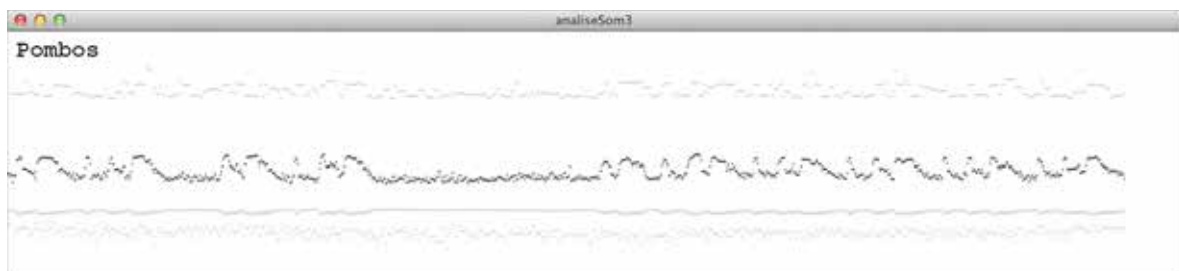


Figura 69 – Representação do funcionamento do programa de classificação.

Este programa foi constituído por várias fases, resultantes de cada uma das etapas anteriormente abordadas. Inicialmente, define-se uma variável contendo a directoria onde se encontra o ficheiro, ou seja, o novo som que se pretende classificar. Após esta estar definida, e à semelhança do procedimento explicado na etapa anterior análise e extracção de características (pág. 74), a variável é enviada para o programa externo de análise, *analiseSom* (Figura 61, pág. 75), desenvolvido em *Max/MSP*, através da biblioteca de ligação *MaxLink*. Estando a ligação entre os dois programas estabelecida, o programa de análise procede com a leitura e análise do som, enviando, em simultâneo, as características extraídas (*pitch*, *loudness*, *brightness*, *polyphonicPitch* e *bark*) para o programa de classificação do som em *Processing*. Consoante a recepção das características, este procede com o seu armazenamento nas listas respectivas e a sua representação gráfica na janela de visualização (Figura 70).

Figura 70 – Representação gráfica das características sonoras extraídas do som – *pitch*, *loudness*, *brightness* e *bark*.



Estando a leitura do som e a extracção de características concluídas, é executada uma função para a análise dos valores armazenados na lista *loudness* (Algoritmo 1). Esta função foi desenvolvida para que, através da análise dos valores, fosse possível identificar separadamente os sons de *background* e *foreground*. Para tal, é calculada a média dos valores de *loudness*, anteriormente armazenados. Posteriormente, para cada valor em *valores_loudness*, superior à média, armazena-se o índice desse valor relativo à lista *valores_loudness* numa segunda lista, *quebraSom*. Estando este ciclo concluído, inicia-se um novo ciclo para identificação dos pontos de quebra entre os sons de *background* e *foreground*. Para cada valor em *quebraSom*, calcula-se a diferença entre o valor actual do índice e o anterior. Se a diferença for igual a 1, o *intervaloQ* sofre um incremento de um valor. Caso contrário, e se o valor de *intervaloQ* for superior a 30, a função *analisaSom()* é executada, relativamente a esse intervalo. Esta função classifica o segmento como *foreground*, e para o segmento entre o fim do *intervaloQ* e o valor de *q-1*, como *background*.

```

função analiseOndaLoudness():
    média_Loudness = sum(valores_loudness)/n;
    lista quebraSom;
    Para cada valor v em valores_loudness:
        //valores acima da media são adicionadas à lista quebraSom
        Se (v > média_Loudness):
            quebraSom.adiciona(indice_de_v);
            fim_de_Se;
    fim_de_Para;
    intervaloQ = 0;
    iniQuebraFore = 0;
    Para cada valor q em quebraSom:
        Se (quebraSom[q]-quebraSom[q-1] == 1):
            intervaloQ++;
            fim_de_Se;
        Se não:
            Se(intervaloQ >= 30):
                analisaSom(quebraSom[iniQuebraFore],
                            quebraSom[q-intervaloQ-1], "foreground");
                analisaSom(quebraSom[q-intervaloQ-1],
                            quebraSom[q-1], "background");
                intervaloQ = 0;
                iniQuebraFore = q-1;
            fim_de_Se;
        Se não:
            nQ = 0;
            fim_de_Se_não;
            fim_de_Se_não;
    fim_de_Para;
    analisaSom(quebraSom[iniQuebraFore],
                quebraSom[q-intervaloQ-1], "foreground");
fim_de_função;

```

Algoritmo 1 – Análise dos valores *loudness*, a fim de separar os sons *background* dos *foreground*.

Após a função ser executada, é obtido o seguinte resultado gráfico (Figura 71):

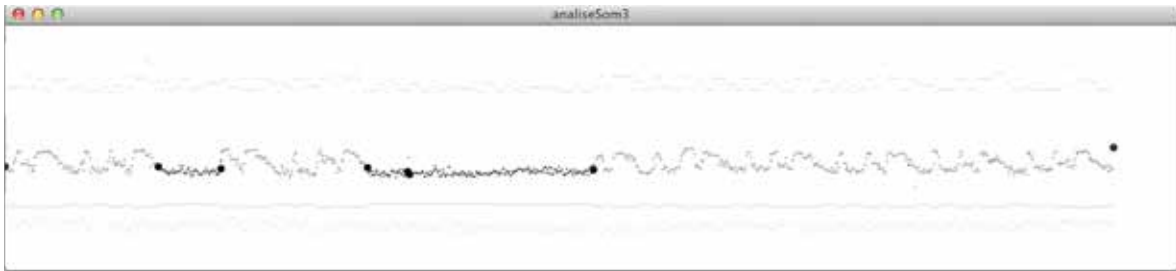


Figura 71 – Resultado obtido da execução da função *analiseOndaLoudness*. Os pontos pretos correspondem a valores que serão classificados como *background*, e cinzentos como *foreground*

Ao observar a Figura 71, é possível verificar o resultado obtido através da execução da função *analiseOndaLoudness()*. Na figura estão definidos os pontos de divisão do som, permitindo identificar as partes do som que são classificados como sons de *background* e de *foreground*, cinza mais escuro e cinza mais claro, respectivamente. Após a divisão do som, o programa classifica cada parte individualmente, consoante o tipo de som a que pertence, *background* ou *foreground*, recorrendo à função *analisaSom()*.

A função *analisaSom()*, executada através da função *analiseOndaLoudness()*, consiste na junção dos cálculos efectuados na etapa anterior análise e extracção de características (pág. 75) e das funções de classificação obtidas na etapa função de classificação (pág. 78). Esta função calcula a média, desvio padrão, curtose e obliquidade, para cada característica sonora anteriormente extraída e armazenada na lista correspondente, relativamente ao segmento recebido pela função *analiseOndaLoudness()*. Após os cálculos estarem efectuados, estes são inseridos na respectiva função de classificação, *background* ou *foreground*, consoante o segmento, para se obter o resultado da classificação (Figura 72).

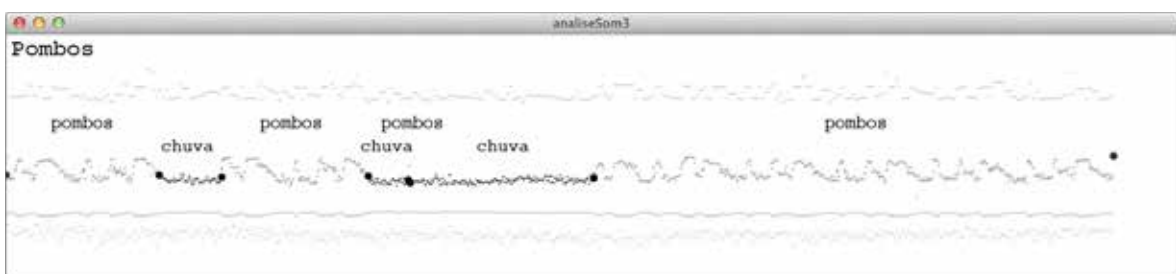


Figura 72 – Resultado obtido da classificação do som. Os pontos pretos correspondem a valores classificados como *background*, e cinzentos como *foreground*

Com o objectivo de testar o funcionamento do programa desenvolvido para a classificação do som, foram submetidos alguns sons para análise. As imagens que se seguem (Figura 73) são alguns dos resultados obtidos após a classificação. No canto superior esquerdo encontra-se a classificação original do som predominante de *foreground*.

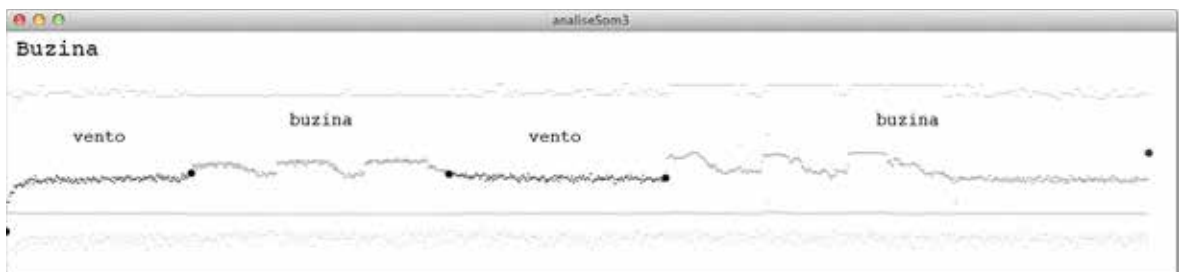
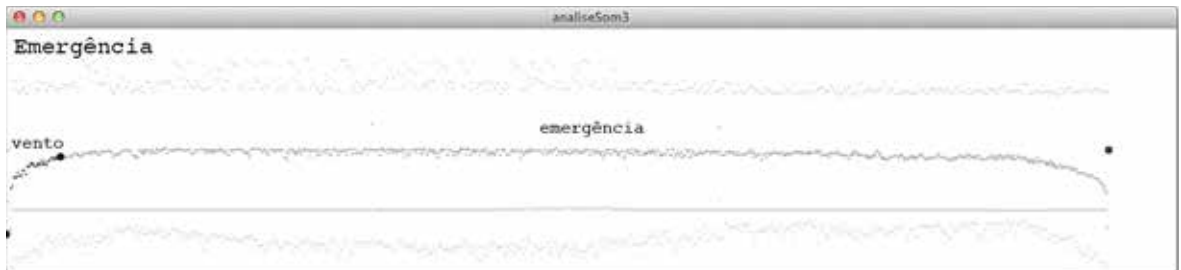
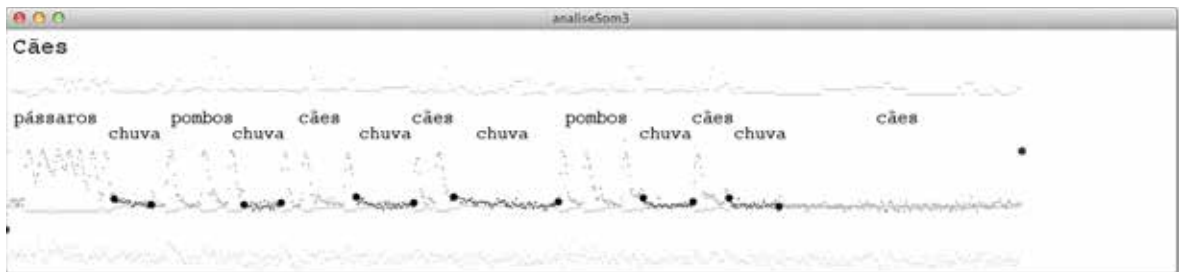
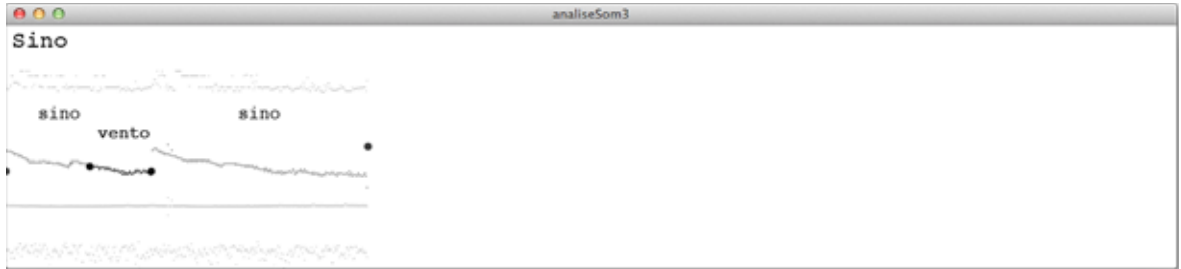


Figura 73 – Resultados obtidos na fase de teste da classificação do som. Os pontos pretos correspondem a valores classificados como *background*, e cinzentos como *foreground*

4.3.2 Mapeamento Som-Cor

Nesta secção, mapeamento som-cor, pretende-se explicar e demonstrar o mapeamento realizado entre o som e cor. Para tal, teve-se como referência o livro “A psicologia das cores, como as cores afectam a emoção e a razão” de Eva Heller [Heller 2012].

Eva Heller (1948-2008), escritora, socióloga e psicóloga, para a realização deste livro, consultou 2 mil indivíduos na Alemanha, homens e mulheres, entre os 14 e 97 anos, de forma a relacionar as cores com sentimentos e qualidades. Para tal, teve-se em consideração doze das treze cores: azul, vermelho, amarelo, verde, preto, branco, laranja, violeta, rosa, dourado, prata, castanho e cinza.

azul

Considerada por 45% dos indivíduos a sua cor predilecta.

Quando se pensa na cor azul, esta é imediatamente associada ao céu, como a cor do divino e a cor eterna que permanece. Talvez por essa razão foi a escolhida, segundo o estudo realizado, como a cor associada à simpatia, harmonia, amizade e confiança. Sentimentos que apenas se comprovam a longo prazo, querendo que durem o máximo de tempo possível.

Para além de estar associada a sentimentos, esta cor é também representativa da distância e do infinito. Quando vistas à distância, todas as cores tornam-se mais tristes e azuladas, pois são recobertas por camadas de ar. Apesar da água não ser da cor azul, mas incolor, esta é percebida como azul, assim como o ar.

Um outro efeito associado à cor azul, é o frio. Por exemplo, as obras de Picasso (1881-1973) entre 1901-1904, transmitem, através desta cor, um efeito de frio. Sobre este “período azul” de Picasso, a crítica de arte Helen Kay escreveu: “o famoso azul de Picasso é o azul da miséria, dos dedos frios, das frieiras, dos lábios exangues... o azul dos *blues*”.

vermelho

Com um simbolismo universal, fogo e sangue, o vermelho é a cor dos opostos, amor e ódio, felicidade e perigo. A associação do vermelho em sentimentos ou sensações tão distintas, acontece quando se faz acompanhar de uma outra cor, por exemplo, o vermelho do amor transforma-se em ódio se a ele se juntar a cor preta.

Antigamente, era muito comum nas religiões os rituais de sacrifício de sangue, a fim de evitarem catástrofes naturais, fome ou doenças. Ainda hoje, em algumas das religiões, o sangue sacrificado é símbolo da essência da força vital.

Através da carga psicológica e simbólica que é transmitida pelo

sangue, a cor vermelha torna-se a cor dominante de todas as atitudes positivas em relação à vida. Assim, como a mais forte das cores, é símbolo da força e da vida, que por sua vez, também é paixão. O “sangue fervente” da paixão, assim como o fogo, consomem e queimam, criando uma ligação entre o simbolismo do sangue e o simbolismo do fogo.

Contrariamente à cor azul, fria, silenciosa, distante e imaterial, a cor vermelha está associada ao que está próximo e sonoro. Na simbologia antiga, o vermelho era considerado a cor da matéria.

No nosso quotidiano, o vermelho é símbolo do perigo e do proibido. São exemplo, alguns sinais de trânsito, como o stop ou os semáforos, que servem para alertar as pessoas de um perigo que se aproxima ou para manter a ordem no trânsito, ou as placas, “proibido fumar”, que proíbem as pessoas de fumar num certo local.

amarelo

A cor luminosa e a mais clara de entre todas as cores. A esta cor pertence a vivência e o simbolismo associado ao sol e à luz.

Como a cor do sol, o amarelo revela-se alegre e revitalizante, irradiando e rindo, tornado-se a principal cor da boa disposição. Para tal, esta cor precisa de se unir com o vermelho e o laranja, criando o conjunto de cores da alegria de viver e da energia. Associada ao sol, o amarelo torna-se também a cor do verão e da floração, sendo a cor predominante nas flores, como os narcisos, girassóis e as acácias.

A cor amarela não tem apenas conotações positivas, pelo contrário, esta é uma cor instável e ambígua. A cor do optimismo e da irritação, da hipocrisia e da inveja, da iluminação, do entendimento, mas também a cor dos desprezados e dos traidores. Ao amarelo basta acrescentar um pigmento de vermelho, que esta transforma-se em laranja; azul e torna-se verde; perto do branco, aparenta ser radiosamente clara, mas perto do preto, perigosamente berrante.

verde

O verde surge como a cor da natureza, associada à Primavera, altura em que a florestação começa a criar os seus novos rebentos. É o símbolo da vida no seu mais amplo sentido, é o oposto de murcho, seco e morto; é sinónimo de vida vegetal, que juntamente com o vermelho, símbolo da vida animal, simbolizam o expoente máximo da vitalidade.

A cor verde é a cor intermediária nas mais diversas dimensões. Enquanto que o vermelho é quente e o azul é frio, o verde é agradável; o vermelho é seco e o azul é molhado, o verde é húmido; o vermelho é activo e o azul é passivo, o verde torna-se tranquilizador. Esta cor, transmite uma sensação de frescor e de novo, algo que ainda está a crescer.

Para além das suas conexões à natureza, a cor verde está muito associada ao símbolo da liberdade. No século XIX, o verde foi a cor dos movimentos burgueses que se ergueram contra o domínio absolutista, sendo exemplo, a bandeira italiana, em que o verde simboliza “o direito dos homens à liberdade e à igualdade”.

preto

Considerada a cor do poder, da violência, da sujidade e da morte. A cor da negação.

Segundo a teoria da cor de Isaac Newton, da soma de todas as cores do arco-íris resulta o branco. Por sua vez, da ausência de todas as cores obtém-se o preto, a ausência de luz.

O pintor Wassily Kandinsky descreve o preto “como um nada sem possibilidades, como um nada morto, após a extinção do sol, como um eterno calar, sem futuro e sem esperança: assim soa interiormente o preto” [Kandinsky 2010].

Após terminar o ciclo de vida, tudo termina em preto, como a carne e as plantas no final da decomposição.

Também na simbologia cromática cristã, o preto simboliza o fim, a tristeza pela morte; enquanto que o branco é a cor da ressurreição. Desse modo, a cor usado no tempo de luto é o preto, para renunciar a própria vaidade.

O preto é a cor da negação, pois associando esta a uma outra cor, com significado positivo, transforma-a no seu oposto.

branco

A mais perfeita entre todas as cores, representa o bem e a perfeição.

No sentido da física, seguindo a teoria de Isaac Newton, o branco é mais do que uma cor, é a soma de todas as cores pertencentes num raio de luz.

Ao branco são associados sentimentos e propriedades que não são atribuídos a mais nenhuma cor, é uma cor absoluta. Quanto mais puro, mais perfeito ele será.

Na simbologia das religiões, o branco é a cor da ressurreição, a remissão dos pecados, a purificação das almas e o início do mundo. Como o vermelho, na simbologia do sangue, o branco é a cor do sacrifício e da inocência. Nas histórias bíblicas são oferecidos principalmente animais de cor branca em sacrifício, sendo o mais típico o cordeiro branco.

laranja

Exótica e penetrante, mas no entanto, subestimada.

O laranja surge da união do vermelho com o amarelo, duas cores, que simbolicamente, são por vezes contraditórias. Desse modo, a cor laranja vem fortalecer os pontos em comum, combinando as contradições do vermelho e do amarelo. Estando muitas vezes associada como a cor da diversão, da sociabilidade e do lúdico. No entanto, na China, a cor laranja não é apenas a cor resultante da união do vermelho com o amarelo, tem o seu próprio significado, a cor da transformação. Talvez por essa razão, esteja associada à chegada do Outono, altura em que a florestação verde começa a transformar-se, ficando laranja até que acaba por ficar despida.

violeta

Apenas a cor violeta reúne qualidades tão opostas — a sensualidade e a espiritualidade — a união do vermelho com o azul. Desse modo, união destas duas cores opostas são determinantes para a simbologia da cor violeta.

A cor mais rara na natureza e a mais anti-natural das cores, torna-se a mais singular e extravagante. O violeta é a cor da vaidade e de todos os pecados ligados à beleza, sendo a vaidade, segundo a tradição cristã, um dos sete pecados mortais.

Considerada a cor da teologia, na Igreja Católica e de acordo com a interpretação eclesiástica, simboliza a cor da eternidade e da justiça. Como cor litúrgica da igreja, o violeta é a cor da penitência, é exemplo, na confissão, o sacerdote usa uma estola violeta. Também durante o período da Quaresma, na altura da Páscoa, os sacerdotes católicos celebram as missas usando um traje violeta.

Esta cor artificial, teve uma forte presença na corrente artística *Art Nouveau*, em Inglaterra por volta de 1900. Nas pinturas da época as cores primárias eram pouco comuns, pois o que não fosse artificial não poderia ser considerado arte.

rosa

Doce e “delicado”, chocante e *kitsch*.

À cor rosa são associadas características tipicamente femininas, a sensibilidade e a sentimentalidade.

O rosa resulta da mistura de uma cor quente, o vermelho, com uma cor fria, o branco, simbolizando as virtudes do meio-termo. Simboliza a força dos fracos, como o charme e a amabilidade.

É a cor da ternura e da nudez.

dourado

Sendo a cor do ouro, esta cor está muitas vezes associada ao dinheiro, à sorte e ao luxo.

O dourado é símbolo da felicidade, da bem-aventurança, da fama e da conquista. Numa competição, o vencedor recebe uma medalha de ouro, para simbolizar o primeiro lugar.

Segundo a lei heráldica, cada brasão deve conter apenas um de entre dois metais nobres, mas há uma excepção, a bandeira do Papa. Esta é constituída por uma chave de ouro e uma de prata, dois metais nobres.

prateado

A cor de um dos metais precisos, a prata, é associada à velocidade, ao dinheiro e à lua.

Sendo a cor da velocidade, o prateado representa a medalha do segundo lugar.

O prateado sugere frieza. Ela é constituída por três cores—branco, azul e cinza—todas as cores frias. Na simbologia das cores, essa a frieza está presente em várias dimensões: a fria luz da lua é prateada, assim como pode ser prateada a água, o mais frio dos elementos.

castanho

A cor que está presente na terra e a cor de muitos materiais naturais, como a madeira, o couro e a lã. É tida como feia e vulgar, sendo a cor da preguiça e da imbecilidade.

No entanto, esta cor é muito bem aceite na confecção de vestuário.

Na natureza, o castanho é a cor do outono, quando a florestação passa do tom alaranjado para o castanho, simbolizando a decomposição, e anunciando a queda das folhas.

cinza

Considerada a cor do tédio, do antiquado e da crueldade.

É uma cor sem força, pois o nobre e limpo branco está sujo e o poderoso preto está enfraquecido. Uma cor sem carácter e vaga, não é quente nem fria, não é mental nem material, na cor cinza nada é decisivo, tornando-se uma cor insensível e cruel.

A chuva e a névoa, as nuvens e as sombras, são da cor cinza. Quando o sol não brilha, quando o céu está cinzento, o mar fica cinzento. Deste modo, a cor é também símbolo de mau tempo. É a cor do frio e do inverno.

A cor cinza é também representativa da velhice, a cor dos cabelos grisalhos.





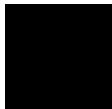






O mapeamento

Após a análise dos diferentes significados e sentimentos que uma cor pode ter e transmitir, iniciou-se o estudo para a formação de uma paleta de cores.

Categorias sonoras para o mapeamento entre som e cor:

Vento	Veículos	Pessoas	Mar
Chuva	Sino	Pombos	Pássaros
Galos	Gaivotas	Emergência	Cães
Buzina			

Cores consideradas para o mapeamento entre som e cor:

	HSB: 208,76,69 RGB: 42,113,176		HSB: 2,85,89 RGB: 227,35,34
	HSB: 56,100,96 RGB: 244,229,0		HSB: 158,100,55 RGB: 0,142,91
	HSB: 360,0,0 RGB: 0,0,0		HSB: 0,0,100 RGB: 255,255,255
	HSB: 32,88,94 RGB: 241,142,28		HSB: 278,59,54 RGB: 109,57,139
	HSB: 48,100,60 RGB: 153,123,0		HSB: 21,83,25 RGB: 63,29,11
	HSB: 21,0,50 RGB: 127,127,127		

Na construção da paleta de cores começou-se por associar as cores que tinham uma relação directa com a categoria do som, como a cor vermelha, que um dos seus significados simbólicos é o sangue. Deste modo, associou-se às categorias sonoras representativas da vida, como as pessoas e as aves, a cor vermelha. Na Figura 74, é possível observar a fase de estudo na construção da paleta de cores.

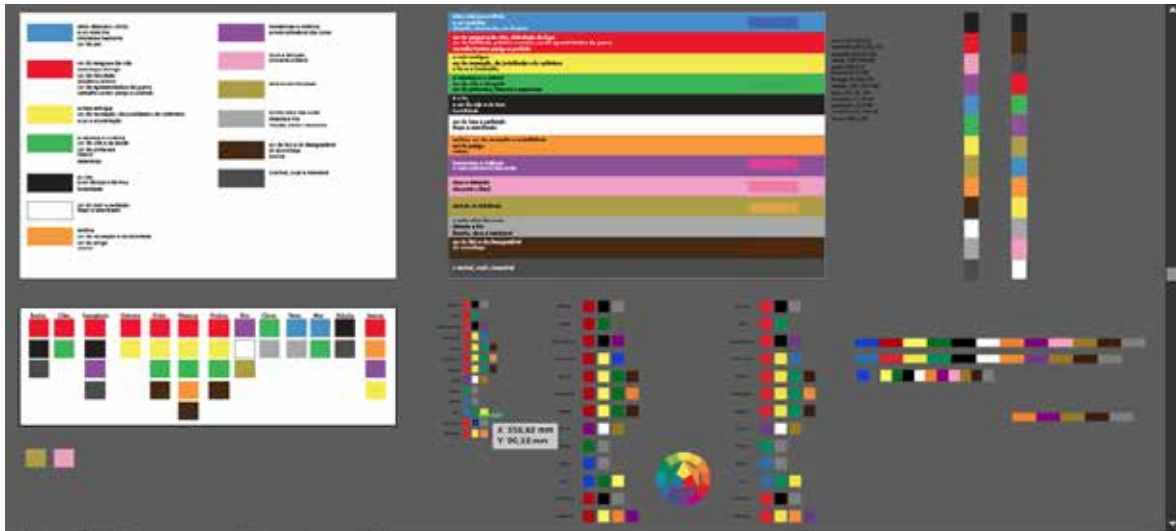


Figura 74 – Captura de ecrã do estudo de cor para o mapeamento som-cor.

A cada categoria do som foram associadas pelo menos duas cores, para que na fase de coloração a imagem resultante da coloração não fosse monocromática. Assim, do estudo realizado para a criação da paleta de cores representativa do mapeamento som-cor, obteve-se o seguinte resultado (Figura 75):

Buzina				
Cães				
Emergência				
Gaivotas				
Galos				
Pássaros				
Pombos				
Sino				
Chuva				
Vento				
Mar				
Veículos				
Pessoas				

Figura 75 – Paleta de cores representativa do mapeamento som-cor.

4.3.3 Coloração

Nesta secção pretende-se explicar todo o processo do desenvolvimento de uma função para a atribuição de cor a uma imagem em tons de cinza. Para a criação da função, recorrendo à linguagem de programação *Processing*, tiveram-se como objectivos: a imagem, que teria de estar em tons de cinza; a paleta de cores, para a definição do conjunto de cores na coloração; e o modo como seria atribuída a cor à imagem.

Durante a fase de experimentação para a coloração da imagem, recorreu-se ao uso de cinco imagens dos seguintes artistas: Jeff Wall (Figuras 76 e 77), Pierre Huyghe (Figuras 78 e 79) e Sam Taylor Wood (Figura 80).



Figura 76 – *The Storyteller*,
Jeff Wall, 1986.



Figura 77 – *A student gust
of wind (after Hokusai)*,
Jeff Wall, 1993.



Figura 78 – *Streamside Day*,
Pierre Huyghe, 2003.

Figura 79 – *Streamside Day*,
Pierre Huyghe, 2003.



Figura 80 – *Ghosts I*, Sam
Taylor Wood, 2008.



Inicialmente, o processo de coloração passou por uma fase mais experimental, estudando-se as diversas possibilidades de atribuição de cor à imagem.

Para tal, começou-se por garantir que a imagem recebida pela função de coloração estivesse em tons de cinza, usando a seguinte conversão (Algoritmo 2):

```
Imagem imagemCor;  
Imagem imagemCinza;  
  
Algoritmo 2 – Conversão  
da imagem a cores para  
tons de cinza.  
Para cada pixel em imagemCor:  
    imagemCinza.pixel = brilho(imagemCor.pixel);  
fim_de_para;
```

Após a execução do pedaço de código desenvolvido, seguindo o raciocínio anterior, para a criação de uma cópia da imagem original em tons de cinza, tendo em conta o brilho da imagem original, foi obtido o seguinte resultado (Figura 81):



Figura 81 – Imagem resultante da execução do algoritmo correspondente à conversão da imagem a cores para tons de cinza.

Tendo a imagem em tons de cinza, foi necessário pensar em como seria feita a atribuição de cor à imagem. A coloração da imagem estava dependente do número variável de cores resultante do mapeamento som-cor, que por sua vez, dependia do resultado obtido na classificação do som. Assim, o número de cores pertencentes ao conjunto resultante do mapeamento, podia variar entre duas e onze cores, se o resultado da classificação do som correspondesse a apenas uma ou às treze categorias de som possíveis.

Para que fosse possível atribuir à imagem o número total de cores pertencentes ao conjunto, começou-se por dividir a imagem por diferentes níveis de cinza, consoante o número de cores (Algoritmo 3). Desse modo, se o conjunto de cores fosse constituído por duas cores, a escala de cinza seria dividida em dois grupos. Por outro lado, se tivesse cinco cores, seria dividida em cinco níveis diferentes, sempre de forma equivalente.

```
Imagem imagemCinza;
Imagem imagemMancha;
int nCores = número_total_conjunto_cores;
int intervalo_Cinza = 100/nCores;
lista conjunto_cores;

Para cada pixel em imagemCinza:
    imagemMancha.pixel = conjunto_cores[brilho(imagemCinza.pixel)/intervalo_Cinza];
fim_de_para;

imagemMancha.actualiza;
```

Algoritmo 3 – Divisão da imagem em diferentes níveis de cinza e atribuição de uma cor a cada intervalo.

Ao executar o código referente à divisão da imagem em diferentes níveis de cinza e à atribuição de cor, associada a cada intervalo, foi obtido o seguinte resultado gráfico (Figura 82):

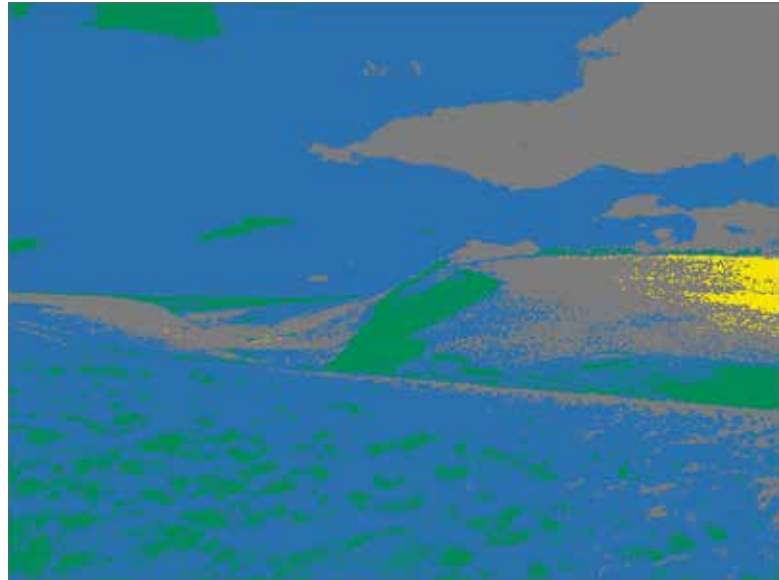


Figura 82 – Resultado gráfico da divisão da imagem em intervalos de cinza equivalentes. Para a atribuição de cor foram consideradas as categorias sonoras mar e vento.

Apesar deste código permitir dividir a imagem consoante o número de cores no conjunto resultante do mapeamento, o resultado não era satisfatório. Verificou-se que do mapeamento som-cor, mesmo que uma cor apresentasse maior peso, ou seja, fosse mais repetida, esta corresponderia a um intervalo de cinza equivalente às outras cores. No entanto, para ultrapassar este problema, foi atribuída uma percentagem de ocorrência a cada categoria, resultante da classificação do som, e por sua vez, foi associada a cada cor constituinte da coloração (Algoritmo 4).

```
Se resultado da classificação = {mar, mar, vento}:  
  ocorrência_mar = 66.7%;  
  ocorrência_vento = 33.3%;  
  mapeamentoSomCor = {(mar: azul, verde, amarelo),  
                      (vento: azul, cinza)};
```

Algoritmo 4 – Atribuição de uma percentagem, relativa à ocorrência da categoria sonora, a cada cor do conjunto de cores

```
  fim_de_se;  
  
  conjunto_cores = {(azul, 37.5%), (verde, 25%), (amarelo, 25%),  
                  (cinza, 12.5%)};
```

Ao associar a cada cor uma percentagem de ocorrência, foi necessário re-adaptar a divisão dos níveis de cinza (Algoritmo 5):

```
Imagem imagemCinza;
Imagem imagemMancha;
int nCores = numero_total_conjunto_cores;
lista de listas conjunto_cores;
int intervalo_Cinza = 0;

Para cada pixel em imagemCinza:
  Para n=0 até n<nCores:
    Se brilho(imagemCinza.pixel) >= interv_cinza &&
      brilho(imagemCinza.pixel) <= intervalo_Cinza + conjunto_cores[n][1]:
      imagemMancha.pixel = conjunto_cores[n][0];
      intervalo_Cinza = intervalo_Cinza + conjunto_cores[n][1];
    fim_de_se;
  fim_de_para;
fim_de_para;

imagemMancha.actualiza;
```

NOTA:

conjunto_cores[n][1] corresponde à percentagem associada à cor n.
Se n=0, conjunto_cores[n][1] corresponde à percentagem da cor azul, 50%.

Devido a esta alteração, a divisão da imagem em diferentes níveis de cinza para atribuição da cor passou a corresponder à percentagem da ocorrência da categoria no som analisado. Como resultado obteve-se a seguinte imagem (Figura 83):

Algoritmo 5 – Divisão da imagem em diferentes níveis de cinza e atribuição de uma cor a cada intervalo, consoante a percentagem de ocorrência da categoria sonora associada à cor.

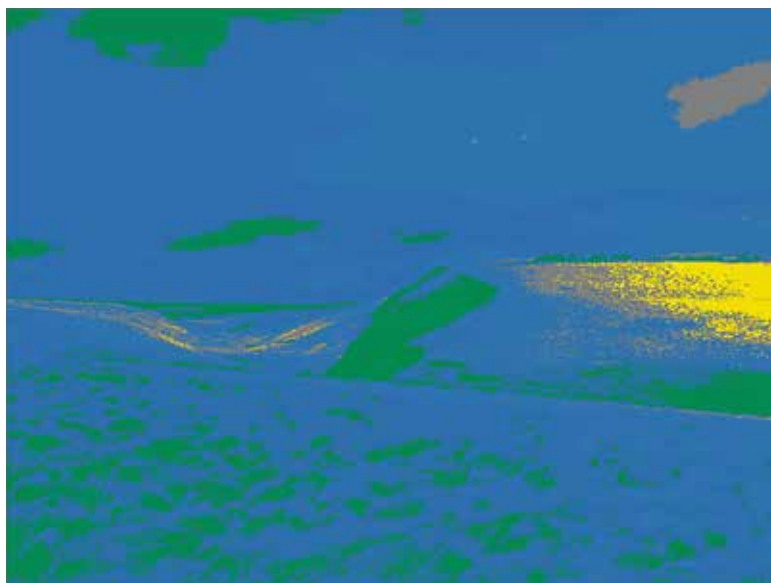


Figura 83 – Resultado gráfico da divisão da imagem em intervalos de cinza, consoante a percentagem de ocorrência da categoria sonora associada à cor. Categorias sonoras consideradas: mar, mar e vento.

Através da imagem resultante, é possível observar que a cor mais predominante é a cor azul, 37,5%, seguida da cor verde e da cor amarela, 25%, e por último a cor cinza com 12.5%. A cor azul tem uma percentagem mais elevada, visto que é comum às duas categorias resultantes da classificação, enquanto que a cor cinza, presente apenas na categoria, vento, tem uma taxa inferior.

Tendo a mancha de cor definida foi necessário explorar o melhor modo para atribuir a cor à imagem em tons de cinza. Pretendia-se criar uma mancha mais homogénea, para que as passagens entre cores fossem menos abruptas (Figura 84). Para tal, foram realizadas algumas experiências, descritas em 4.3.4 *Exploração* (pág. 102).

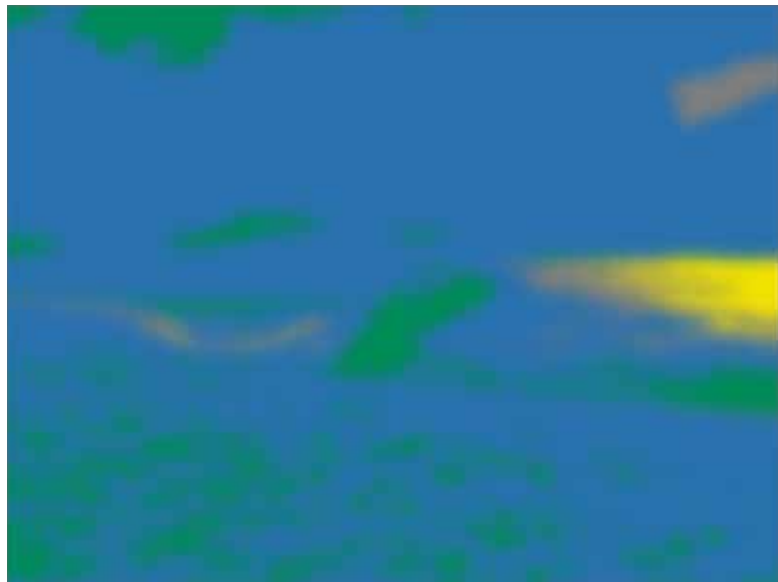


Figura 84 – Resultado gráfico da atribuição de um filtro passa-baixo à imagem, para tornar a mancha de cor mais homogénea.

Para obter este resultado, recorreu-se ao uso de um filtro passa-baixo em *Processing*.

```
imagemMancha.filter(BLUR, 7);
```

O filtro *Blur* consiste na execução de um *Gaussian blur*, em que o parâmetro especificado indica o nível da intensidade da “névoa”.

Estando a passagem entre cores da *imagemMancha* mais suave, foi possível passar à última etapa da coloração — a atribuição da cor (Algoritmo 6). Esta última etapa consistiu num varrimento da *imagemMancha* de forma a que fosse possível obter a cor de cada pixel constituinte da *imagemFinal*, ou seja:

```

Imagem imagemCinza;
Imagem imagemMancha;
Imagem imagemFinal;

Para cada pixel em imagemMancha:
    imagemFinal.pixel = cor(matiz(imagemMancha.pixel),
        saturação(0.55*imagemMancha.pixel+0.45*imagemCinza.pixel),
        brilho(imagemCinza.pixel));
fim_de_para;

```

Algoritmo 6 – Coloração da imagem final

Assim, tendo em conta o modelo de cor HSB, cada pixel da *imagemFinal*, iria ter a matiz do pixel correspondente na *imagemMancha*, 55% da saturação da *imagemMancha* juntamente com 45% da *imagemCinza*, e o brilho do pixel correspondente da *imagemCinza*.

A Figura 85, representa a coloração final após a atribuição da cor, tendo como resultado da classificação do som as seguintes categorias: mar, mar e vento.



Figura 85 – Coloração final da imagem, considerando as categorias sonoras mar, mar e vento.

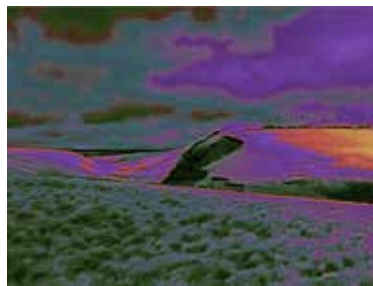
4.3.4 Exploração

Nesta secção são apresentados alguns dos resultados obtidos na exploração gráfica da atribuição de cor à imagem. Com estas experiências, procurou-se validar o programa desenvolvido para a coloração, identificando limitações, de modo a permitir o seu aperfeiçoamento.

As imagens apresentadas de seguida (Figura 86) foram obtidas através da execução do programa em *Processing*, da secção 4.3.3 *Coloração*.

Figura 86 – Imagens obtidas na exploração do processo de coloração.









4.4 Aplicação

De forma a tornar mais acessível à comunidade as funções anteriormente descritas, foi criada uma aplicação recorrendo às linguagens de programação *Processing* e *Max/MSP*. A aplicação tem como principal objectivo servir de intermediário entre o utilizador e a coloração de uma imagem escolhida pelo mesmo.

Para que a aplicação possibilitasse uma interacção simples e intuitiva com o utilizador, foi criado um design simples, de forma a guiar o utilizador pelos passos necessário até à coloração da imagem. Para tal, foram criados ícones (Figura 87), de modo a representarem cada operação possível na aplicação.

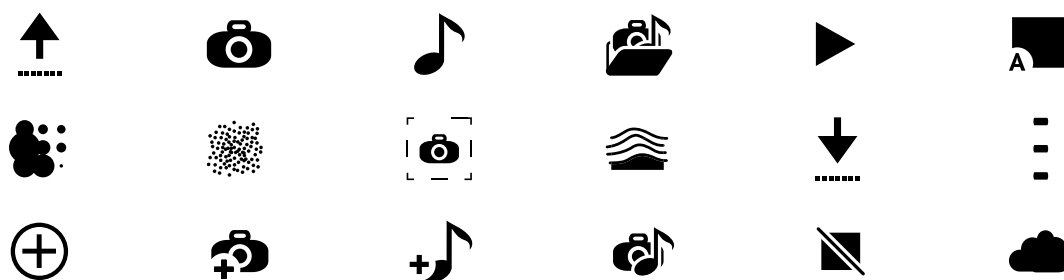


Figura 87 – Ícones criados para a aplicação.

Assim, a aplicação divide-se em três partes principais: a captura/escolha da imagem e som, a classificação do som e a coloração da imagem.

Na primeira parte, o utilizador tem a possibilidade de escolher entre a captura da imagem/som ou abrir uma imagem/som que se encontre no seu dispositivo. A Figura 88, representa a primeira página da aplicação.

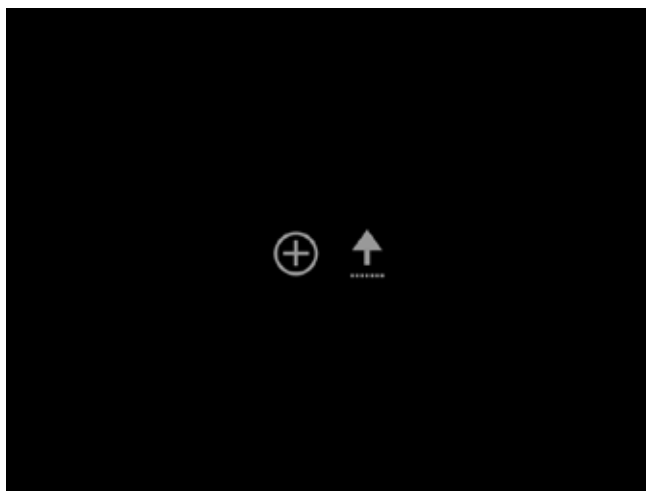


Figura 88 – Página inicial da aplicação

O utilizador ao passar com o rato por cima de cada ícone, este é salientado e é apresentada uma legenda, identificando o sua função (Figura 89).



Figura 89 – Detalhe da interacção do rato com o ícone de captura.

Ao clicar num dos ícones, abre-se um sub-menu com três opções (Figura 90): capturar/abrir uma imagem, gravar/abrir um som e capturar e gravar (ou abrir) de imediato uma imagem e um som, passando para a fase de análise sem voltar à página inicial. Apenas é permitido ao utilizador gravar/abrir um som, se este tiver anteriormente definido a imagem pretendida (Figura 91).

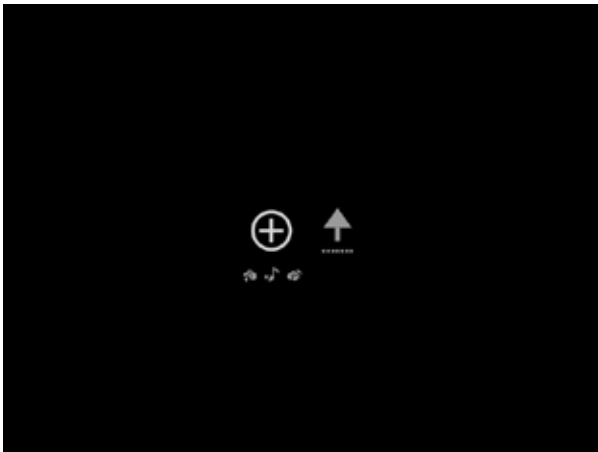


Figura 90 – Sub-menu da opção de captura.



Figura 91 – Sub-menu da opção abrir após a escolha de uma imagem.

Após a primeira parte estar concluída, a captura/escolha da imagem e som, o utilizador é guiado para a análise do som, onde este é classificado internamente. Nesta página (Figura 92), é permitido ao utilizador parar a análise do som, quando achar que é conveniente, passando de imediato para o resultado final, a coloração da imagem.

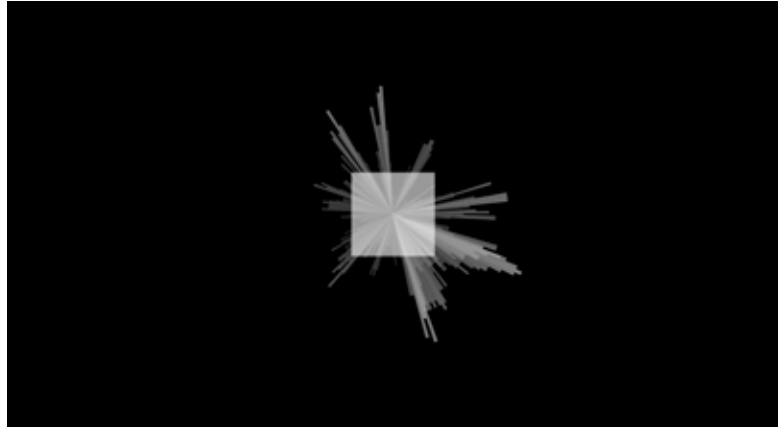


Figura 92 – Pormenor da visualização do momento de análise e reprodução do som.

Estando a análise do som concluída, é apresentada ao utilizador a coloração resultante da classificação sonora. Na Figura 93, a classificação do som teve como resultado a categoria vento, representada pela cor azul e cinza.



Figura 93 – Apresentação da imagem colorida após a análise do som.

Do lado esquerdo da página, é apresentado ao utilizador um menu. Ao clicar com o rato em cima da barra lateral, o menu aparece (Figura 94), permitindo ao utilizador efectuar diversas operações, como alterar a imagem/som, aplicar um efeito visual ou gravar a imagem.



Figura 94 – Visualização do menu da aplicação.

Na Figura 95 estão representas as diversas operações possíveis, através da barra de menu lateral.

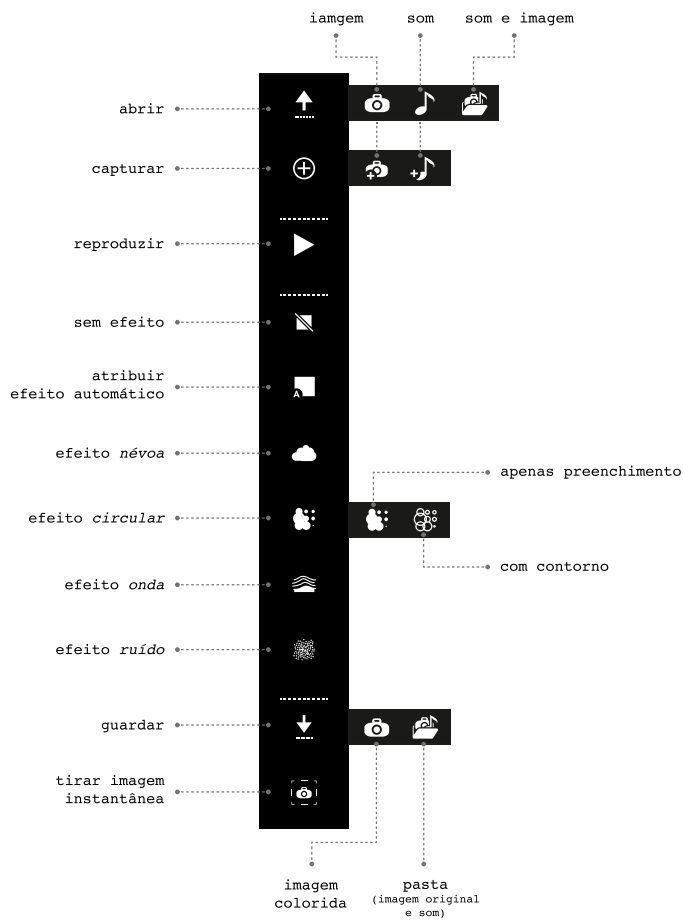


Figura 95 – Descrição das funcionalidades do menu lateral.

Para que a interação do utilizador com o menu seja intuitiva, sempre que este passa com o rato em cada ícone é-lhe apresentada a identificação correspondente, à semelhança da página inicial. Na figura 96, é possível observar como a identificação do ícone “sem efeito” aparece, no caso do utilizador passar com o rato sobre o mesmo.

Figura 96 – Pormenor da interação com o menu lateral.



Quando o utilizador finaliza uma operação, como guardar uma imagem, ou a operação pretendida não é permitida, é apresentada uma mensagem de aviso no canto superior direito (Figura 97).

Figura 97 – Visualização de uma mensagem de aviso.



Como foi possível verificar na descrição das operações disponíveis no menu lateral, Figura 95, para além da coloração da imagem, a aplicação dá a hipótese de acrescentar um efeito visual e dinâmico à imagem. Os efeitos foram desenvolvidos recorrendo à linguagem de programação *Processing*. Quando um dos efeitos é escolhido pelo utilizador, é reproduzido simultaneamente o som, animando o efeito consoante a sua intensidade. Assim, foram desenvolvidos quatro efeitos: névoa, ruído, circular e onda, cada um dos quais associado a uma das categorias sonoras presentes nos sons de *background*. Cada vez que se selecciona um efeito automático no menu lateral, é atribuído o efeito correspondente à categoria se na classificação do som for identificado um dos sons de *background*.

efeito névoa

O efeito névoa foi desenvolvido de forma a representar a categoria de sons “veículos”.

Para criar este efeito visual, foi necessário criar previamente algumas imagens (Figura 98).

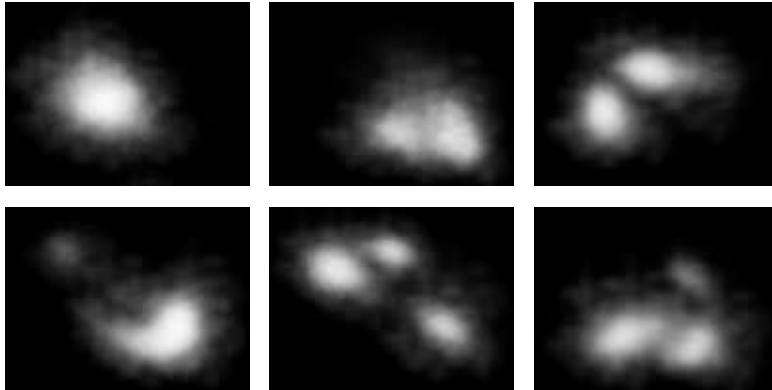


Figura 98 – Imagens criadas para o efeito névoa.

Ao ser escolhido o efeito, o som é automaticamente reproduzido, alterando consecutivamente o valor da característica sonora *loudness*. A partir desse valor, são criadas duas variáveis resultantes do mapeamento de *loudness*: um valor y , para ser acrescentado à posição Y da imagem escolhida aleatoriamente da Figura 99; e uma escala, entre 1 e 4, para alterar o tamanho da imagem consoante o som. Posteriormente, é feito o mapeamento do brilho de cada pixel (bC) da imagem em tons de cinza, em valores entre 0 e 1. Cada pixel da imagem resultante do efeito, através do modelo de cor HSB, vai corresponder ao *hue* da imagem resultante da coloração, a $1-bC$ da saturação do pixel da imagem resultante da coloração com a soma bC da saturação do pixel da imagem em tons de cinza, e a $1-bC$ do brilho do pixel da imagem em tons de cinza com a soma bC do brilho do pixel da imagem resultante da coloração.

Ao escolher o efeito névoa obtém-se o seguinte resultado:



Figura 99 – Captura de três momentos da reprodução do efeito névoa

efeito ruído

Desenvolvido para as categorias “vento” e “chuva”, o efeito ruído consiste numa manipulação pixel a pixel dos valores RGB da imagem.

A alteração pixel a pixel é realizada consoante o valor da característica sonora *loudness*, obtido na reprodução do som. Se, o resto do cálculo da divisão do pixel pelo valor aleatório entre 1 e a altura da imagem, a dividir por 10, for zero, o pixel da imagem resultante do efeito será o resultado da soma do valor de cada canal de cor, *red*, *green* e *blue*, com o valor aleatório entre $-loudness$ e $loudness$.

O utilizador ao escolher o efeito ruído visualiza os seguintes resultados gráficos (Figura 100).



Figura 100 – Captura de três momentos da reprodução do efeito ruído

efeito circular

Associado à categoria de sons “pessoas”, o efeito circular consiste na criação de uma grelha, preenchida através do desenho de elipses. Para este efeito, é usada a imagem original como fundo, em tons de cinza, e à imagem é sobreposta uma grelha de elipses que irá dar cor à imagem.

O utilizador, ao seleccionar o efeito circular, tem duas opções, escolher o efeito apenas com o preenchimento da elipse, ou escolher as elipses com contorno.

Quando o efeito é seleccionado, é desenhada uma grelha de elipses, sendo atribuída a cada elipse a cor correspondente do pixel resultante da coloração, coincidente com o ponto central da elipse. Estando a grelha definida, é iniciada a reprodução do som e a animação do efeito consoante o valor da característica sonora *loudness*, alterando o tamanho das elipses.

Na Figura 101, apenas com preenchimento, e na Figura 102 com contorno e preenchimento das elipses, é possível observar momentos diferentes do comportamento do efeito sobre a imagem consoante o som.



Figura 101 – Captura de três momentos da reprodução do efeito circular, apenas com preenchimento.



Figura 102 – Captura de três momentos da reprodução do efeito circular, com preenchimento e contorno.

efeito onda

O efeito “onda” foi desenvolvido para representar a categoria “mar”. À semelhança do efeito circular, este consiste na construção de uma grelha de rectângulos que oscila consoante a reprodução do som.

O efeito “onda” consiste na construção de uma grelha de rectângulos, quando este é activado. Após a construção da grelha é reproduzido o som e iniciada a animação do efeito. Para tal, a altura dos rectângulos é alterada consoante a característica sonora *loudness*, à medida que é reproduzido o som.

Na Figura 103 é possível observar três momentos distintos do comportamento do efeito onda durante a reprodução do som.

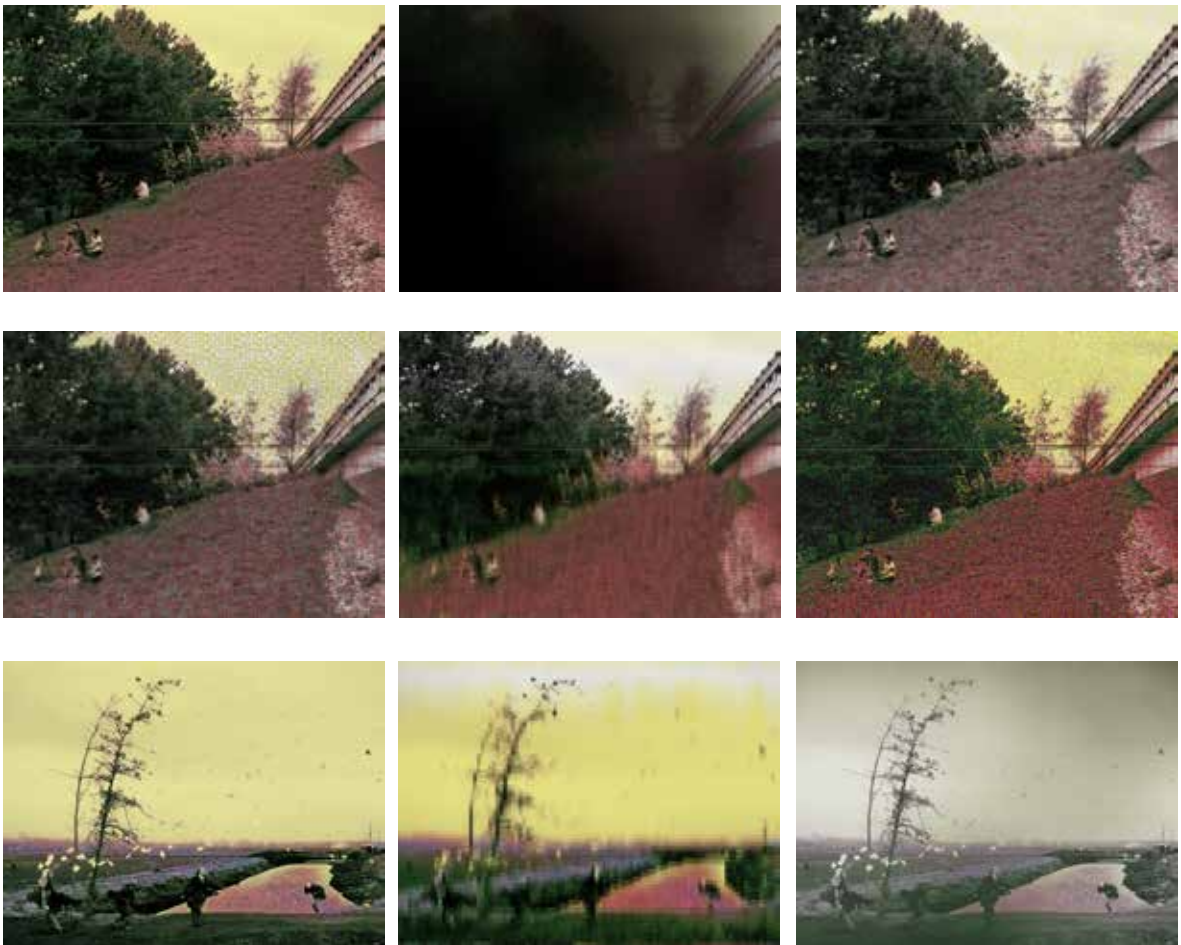
Figura 103 – Captura de três momentos da reprodução do efeito onda.



Estando o utilizador satisfeito com a coloração da imagem, ou com o resultado visual de um efeito aplicado, pode a qualquer momento guardar uma imagem instantânea, no formato *tiff*, ou guardar uma imagem com o destino e nome à escolha do utilizador. Para além da imagem, a aplicação permite guardar os ficheiros originais usados na coloração, imagem e som, no destino à escolha do utilizador, permitindo assim, uma futura utilização.

As imagens apresentadas na Figura 104 foram obtidas através da operação guardar, disponível no menu lateral.

Figura 104 – Imagens guardadas a partir da aplicação.







AVALIAÇÃO

5 AVALIAÇÃO

O método aqui usado para avaliação consiste numa reflexão sobre a aplicação com base nas dez heurísticas de Jakob Nielsen. Nielsen, um consultor de usabilidade, em colaboração com Rolf Molich, também especialista em usabilidade, estabeleceu dez princípios para o design de uma interface de utilizador [Nielsen 1995].

Seguem-se descritas abaixo as dez heurísticas de Nielsen juntamente com a respectiva avaliação, sendo esta apresentada na tabela final (Tabela 6).

1. *Visibility of system status*

O sistema deve manter os utilizadores informados acerca do que está a decorrer através de *feedback* com duração moderada.

Avaliação: 8/10. A aplicação enquadra-se nesta heurística, pois informa o utilizador acerca das tarefas que estão a decorrer, como é exemplo a barra circular enquanto decorre a análise do som.

2. *Match between system and the real world*

O sistema deve comunicar com a linguagem que o utilizador usa, com palavras, frases e conceitos familiares ao utilizador, em vez da utilização de um sistema orientado aos termos. Seguir as convenções do mundo real, faz com que a informação apareça de forma lógica e natural.

Avaliação: 9/10. O sistema usa uma linguagem simples do mundo real, com textos e ícones simples e directos.

3. *User control and freedom*

É frequente os utilizadores usarem funções por engano e, portanto, precisarem de uma saída de emergência bem marcada, sem diálogos longos. Desta forma, aconselham-se as funcionalidades de desfazer e refazer (*undo/redo*).

Avaliação: 7/10. A interface está desenhada de forma a que se torne simples e intuitiva ao utilizador, com as interacções visualmente imediatas, para que seja reduzida a probabilidade de engano. No entanto, não se encontram implementadas funcionalidades de desfazer ou refazer acções.

4. *Consistency and standards*

Os utilizadores não devem de saber quais as diferentes palavras, situações ou acções que têm o mesmo significado. Portanto, devem seguir-se as convenções da plataforma de início ao fim.

Avaliação: 10/10. A linguagem usada é consistente, tanto a nível gráfico como escrito, facilitando a interacção do utilizador com a interface.

5. *Error prevention*

Mais importante que boas mensagens de erro é um design cuidadoso que previna que o erro aconteça logo à partida. Ou se elimina condições propensas a erros, ou se dá a possibilidade de o utilizador confirmar a acção antes de esta ser executada.

Avaliação: 8/10. De maneira a evitar o erro, a interface foi desenhada de modo a guiar o utilizador, evitando algumas situações de erro. Por exemplo, quando a aplicação é iniciada, apenas é permitido ao utilizador escolher uma imagem ou o conjunto imagem&som, estando a opção do som inactiva.

6. *Recognition rather than recall*

Minimizar o processo de memorização por parte de o utilizador criando objectos, acções e opções visíveis. O utilizador não deve ter que memorizar informação de uma janela de diálogo para outra. As instruções de uso do sistema devem estar visíveis e, sempre que apropriado, fáceis de restaurar.

Avaliação: 10/10. As instruções para explorar a aplicação são fornecidas sempre que estas forem necessárias. Por exemplo, se o utilizador seleccionar um ficheiro áudio não reconhecido pela aplicação, surge uma mensagem com a instrução para o tipo de ficheiro permitido.

7. *Flexibility and efficiency of use*

Aceleradores — que passam despercebidos para os utilizadores iniciantes — podem acelerar a interacção dos utilizadores experientes permitindo que o sistema responda às necessidades de ambos os tipos de utilizadores. Permitir que os utilizadores usem atalhos para acções frequentes.

Avaliação: 8/10. A interface foi desenhada de forma a tornar a interacção do utilizador simples e intuitiva, disponibilizando as acções existentes no menu lateral. Como as acções disponibilizadas ao utilizador são reduzidas, não se verificou a necessidade de implementar aceleradores.

8. *Aesthetic and minimalist design*

Diálogos não devem conter informações irrelevantes ou dificilmente necessárias. Num diálogo, toda a informação extra compete com a relevância da restante e diminui a visibilidade do que, de facto, é importante.

Avaliação: 10/10. Os diálogos utilizados consideram-se concisos e directos. O desenho da interface teve em consideração o aparecimento dos diálogos o mais sucintos possíveis. Assim como os ícones, as ligações e a organização que se pretendeu ser sempre o mais simples e minimalista possível.

9. *Help users recognize, diagnose, and recover from errors*

Mensagens de erro devem ser expressas em linguagem simples (sem códigos), indicando precisamente o problema, e de forma construída, sugerir uma solução.

Avaliação: 5/10. Reuniram-se esforços para evitar o aparecimento de erros; contudo, muitas vezes a falta de confronto com o erro, camuflou esta necessidade. Será, pois, importante proteger todo e qualquer tipo de erro.

10. *Help and documentation*

Apesar de ser preferível que o sistema seja usado sem documentação, deve ser disponibilizada ajuda e documentação. Qualquer informação deve ser focada nas tarefas do utilizador, fácil de procurar, listada numa sequência de passos a serem executados e não deve ser demasiado extensa.

Avaliação: 6/10. As informações são fornecidas ao utilizador através de instruções, sempre que se considerar importante, não existindo qualquer tipo de documentação.

Tabela 6 – Avaliação heurística.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Visibility of system status</i>									●		
<i>Match between system and the real world</i>										●	
<i>User control and freedom</i>								●			
<i>Consistency and standards</i>											●
<i>Error prevention</i>									●		
<i>Recognition rather than recall</i>											●
<i>Flexibility and efficiency of use</i>									●		
<i>Aesthetic and minimalist design</i>											●
<i>Help users recognize, diagnose, and recover from errors</i>						●					
<i>Help and Documentation</i>							●				

CONCLUSÃO

6 CONCLUSÃO

A sinestesia cor-música tem sido alvo de estudo desde há muitos anos. Louis-Bertrand Castel foi o primeiro a responder com uma proposta teórica. Para tal, Castel fez corresponder o espectro visível de Newton, com algumas alterações, aos sete tons principais e seus respectivos meios tons. A partir deste momento foram muitas as propostas de mapeamento que surgiram, muitas tendo como base a proposta teórica de Castel e outras criando a sua própria correspondência.

A investigação realizada para o estado da arte inclui algumas dessas propostas, nomeadamente o projecto *ArTVox*, que se inspira no trabalho de Kandinsky para fazer o mapeamento entre som e cor, para além de uma parte mais teórica sobre som e cor, e uma breve referência à fotografia e à sinestesia.

O trabalho desenvolvido ao longo desta dissertação deu destaque à união de duas sensações, a visão e a audição, a primeira representada pela imagem, e a segunda pelos sons presentes no quotidiano. Da união das duas componentes resulta uma imagem multisensorial proveniente do mapeamento da classificação do som num conjunto de cores, posteriormente atribuída à imagem.

Com o intuito de objectivar esta multisensorialidade procedeu-se à criação de um sistema de análise e classificação de som, seguindo-se o mapeamento do resultado da classificação em cor, e por último à coloração da imagem. O processo de classificação foi longo, consistindo na criação de um catálogo de sons, na edição individual de cada som, na divisão em dois conjuntos, sons *foreground* e sons *background*, e na procura do melhor método para a extracção e classificação das características sonoras. A coloração da imagem baseou-se na realização de várias experiências do modo como era realizada a atribuição de cor, até que fosse obtido um resultado satisfatório. Já a atribuição de cor na imagem foi testada com diferentes categorias de sons para que fosse possível perceber os diversos comportamentos da cor, quando atribuída à imagem.

Como foi referido um dos objectivos do projecto consiste na implementação de uma interface gráfica de utilizador. Deste modo, foi criada uma aplicação que reúne o trabalho desenvolvido, permitindo ao utilizador a criação de uma imagem multisensorial. Para tal, foram integradas as seguintes funcionalidades: upload e captura de imagem e som, reprodução do som, escolha de um efeito dinâmico, guardar uma imagem instantânea (*snapshot*), guardar uma imagem multisensorial no destino à escolha do utilizador, e guardar

numa pasta os ficheiros originais, imagem e som. Os efeitos criados para integrarem a aplicação consistem em quatro formas diferentes e dinâmicas de observar o som sobre a imagem colorida.

Com o intuito da aplicação ser utilizada por um vasto leque de utilizadores, o design da interface não poderia ser descuidado. Desse modo, optou-se por desenhar uma interface simples, minimalista e intuitiva.

Apesar dos aspectos positivos conseguidos com este projecto, existem aspectos a melhorar no futuro. Para melhorar este trabalho é fundamental: melhorar a interface (erros detectados na avaliação heurística); corrigir erros internos na aplicação, como a leitura de imagens de diferentes tamanhos, a leitura de outros formatos áudio e a coloração da imagem consoante algumas categorias sonoras; melhorar a classificação do som (média da classificação actual de 62%); estender a classificação sonora a um número mais elevado de categorias, aumentando o catálogo de sons; verificar alguns arrastamentos na aplicação, como na atribuição de efeitos.

Numa fase futura pretende-se a submissão de um artigo na 1ª Conferência Europeia, *Transcreativa 2014*; implementar as funcionalidades que se encontram por concluir; adaptar a aplicação a um sistema mais acessível ao utilizador, como o sistema *Android* ou *iOS*; e espera-se que o projecto possa evoluir e que sejam criados outros projectos que explorem esta sinestesia entre audição e visão.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

- Albers, J. (1975). *Interaction of Color*. Paperback.
- Albers, J. (2006). *Interaction of Color: Revised and Expanded Edition*. Paperback.
- Almeida, B. P. de. (1995). *Imagem da Fotografia*. Assírio & Alvim.
- Artangel (N.D.). *About Richard Billingham*. Obtido em Agosto de 2014: http://www.artangel.org.uk/projects/1998/fishtank/about_richard_billingham/about_richard_billingham.
- Basbaum, S. R. (2002). *Sinestesia, arte e tecnologia*. Ed. Annablume.
- bbc (N.D.). *We Are Family: Genius of Photography (Wall to Wall)*. Obtido em Agosto de 2014: <http://www.bbc.co.uk/photography/genius/gallery/billingham.shtml>.
- Breiman, L., Friedman, J. H., Olshen, R. A., & Stone, C. J. (1984). *Classification and Regression Trees*. Wadsworth International Group, Belmont, California.
- Costa, E., & Simões, A. (2008). *Inteligência Artificial (2nd ed.)*. FCA.
- Cytowic, R. E. (1995). *Synesthesia: Phenomenology And Neuropsychology, a Review of Current Knowledge*. PSYCHE, 2(10).
- DanielTammnet (2014). *Daniel Tammnet: About the author*. <http://www.danieltammnet.net/> 2014.
- EGS (2012). *Pierre Huyghe — Biography*. 1997–2012. European Graduate School EGS. Obtido em Agosto de 2014: <http://www.egs.edu/faculty/pierre-huyghe/biography/>.
- Entler, R. (2007). Retrato de uma face velada: Baudelaire e a fotografia. FACOM, 17, 4–14.
- Fachini, A. R. (2011). *Classificação de Áudio Baseada em Extração de Características e Redes Neurais*. UDESC.
- Fiell, C. & P. (2005). *Design do Século XX*. Taschen.

Gallery (2014). *National Gallery of Canada: Jeff Wall 1946*. Obtido em Agosto de 2014: <http://www.gallery.ca/en/see/collections/artist.php?iartistid=5764>.

Hattenstone, Simon (2009). *There's something about Sam*. The Guardian, Saturday 28 November 2009. Obtido em Agosto de 2014: <http://www.theguardian.com/artanddesign/2009/nov/28/sam-taylor-wood-interview>.

Heller, E. (2012). *A psicologia das cores: como as cores afetam a emoção e a razão*. Barcelona: Gustavo Gili.

Hubbard, E. M., & Ramachandran, V. S. (2005). *Neurocognitive Mechanisms of Synesthesia*. *Neuron*, 48(3), 509–520.

Itten, J. (1970). *The Elements of Color*. (F. Birren, Ed.). Van Nostrand Reinhold Company.

Kandinsky, W. (2010). *Do espiritual na arte*. Porto Alegre: Dom Quixote.

Lacan (N.D.). Taylor-Wood, Sam. Obtido em Agosto de 2014: <http://www.lacan.com/taylor.html>.

Levin, G. (2000). *Painterly interfaces for audiovisual performance*. Master dissertation, Massachusetts Institute of Technology.

Macedo, A. R. (2009). *Espectros Audível e Visível - proposta de correspondência*. UCP.

Mapplethorpe (N.D.). *The Robert Mapplethorpe Foundation: Biography*. Obtido em Agosto de 2014: <http://www.mapplethorpe.org/biography/>.

Moroni, A., Maiolla, R., Manzolli, J., & Zuben, F. Von. (2006). *ArTVox : Evolutionary Composition*. *Lecture Notes in Computer Science*, 4073, 218–223.

Morphy, H., & Banks, M. (1997). *Rethinking Visual Anthropology*. New Haven: Yale University Press.

Nautilus (N.D.). *Teoria física sobre a luz, a cor e a visão*. Obtido em Janeiro de 2014: <http://nautilus.fis.uc.pt/cec/lar/sara/doc/teoria.pdf>

Nielsen, Jakob (1995). *10 Usability Heuristics for User Interface Design in Jakob Nielsen's Alertbox*. Obtido em Agosto de 2014: <http://www>.

nngroup.com/articles/ten- usability-heuristics/.

O'Hagan, Sean (2014). *Nan Goldin: 'I wanted to get high from a really early age'*. The Observer, Sunday 23 March 2014. Obtido em Agosto de 2014: <http://www.theguardian.com/artanddesign/2014/mar/23/nan-goldin-photographer-wanted-get-high-early-age>.

Peacock, K. (1988). *Instruments to perform color-music: Two centuries of technological experimentation*. Leonardo, 21(4), 397–406.

Popova, M. (2012). *Goethe on the Psychology of Color and Emotion*. Obtido em Agosto de 2014: <http://www.brainpickings.org/index.php/2012/08/17/goethe-theory-of-colours/>.

Popper, F. (1968). *Origins and Development of Kinetic Art*. New York Graphic Society.

Rancière, J. (2011). *O destino das imagens* (1st ed.). Lisboa: Orfeu Negro.

Ritter, D. (1993). *Interactive video as a way of life*. Music Works, 56, 48–54.

Rogallery (2013). *Sam Taylor-Wood, British (1967 -)*. ROGALLERY.COM. Obtido em Agosto de 2014: http://rogallery.com/Taylor-Wood_Sam/taylor-wood-biography.html.

Ruggieri, S. (2002). *Efficient C4.5 [classification algorithm]*. Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions on 14.2, 438–444.

Sekula, A. (1990). *The Body and the Archive*, 344–389.

Silva, C. C., & Andrade, M. R. de. (2003). *A Teoria das Cores de Newton: Um exemplo do Uso da História da Ciência em Sala de Aula*. Ciência & Educação, 9(1), 53–65.

SoundFisher. *The future of audio search technology has arrived*. 2001. Obtido em Agosto de 2014: <http://www.soundfisher.com>.

Stanford Magazine (2011). *The Man Who Stopped Time*. Obtido Agosto de 2014: https://alumni.stanford.edu/get/page/magazine/article/?article_id=39117.

Tammet, D. (2007). *Born on a Blue Day: Inside the Extraordinary Mind of an Autistic Savant*. Paperback.

Tate (N.D.). *Robert Mapplethorpe 1946—1989: Artist Rooms, artists essay*. Obtido em Agosto de 2014: <http://www.tate.org.uk/art/artists/robert-mapplethorpe-11413>.

Tate (2006). *Jeff Wall: Photographs 1978—2004*. Tate Modern: Exhibition, 21 October 2005—8 January 2006. Obtido em Agosto de 2014: <http://www.tate.org.uk/whats-on/tate-modern/exhibition/jeff-wall>.

Vieira, A., & Fiolhais, C. (2001). *Roteiro de Ciência e Tecnologia*. Lisboa. Ulmeiro.

