

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Doutoramento em Engenharia Informática



BioStories

Geração de Conteúdos Multimédia Dinâmicos
Mediante Informação Biométrica da Audiência

Tese de Doutoramento

Vasco Hugo Vinhas Gonçalves Moreira

Orientador: Professor Doutor Eugénio da Costa Oliveira
Co-Orientador: Professor Doutor Luís Paulo Gonçalves dos Reis

Outubro de 2010

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Doutoramento em Engenharia Informática



BioStories

**Real-time Dynamic Multimedia Storyline
Based on Online Audience Biometric Information**

PhD Dissertation

Vasco Hugo Vinhas Gonçalves Moreira

Supervisor: Professor Doutor Eugénio da Costa Oliveira
Co-Supervisor: Professor Doutor Luís Paulo Gonçalves dos Reis

October 2010

Ao meu Pai.

Resumo

A correcta adequação da informação, em toda a sua extensão atendendo, quer à forma, quer ao conteúdo, a uma dada audiência é alvo da atenção de diversos domínios científicos, educacionais, industriais e comerciais. Este investimento de recursos temporais, humanos, materiais e financeiros tem por objectivo último que a mensagem que se quer transmitir seja eficaz e eficiente de forma independente a variáveis externas tais como a definição intrínseca da composição da audiência, o seu actual estado emocional e consequente predisposição para interpretação do conteúdo e ainda o contexto no qual a comunicação tem lugar.

Neste cenário de extremo dinamismo em que todos os elementos da sociedade são objecto de constante bombardeamento, não raras vezes canibalesco, de elementos informativos oriundos dos mais variados meios de comunicação, desde os tradicionais, aos mais tecnológicos, emerge a necessidade de potenciar a eficácia da transmissão e captação da mensagem de forma a que se verifique uma real relação simbiótica entre a entidade emissora e receptora.

Considerando como hipótese a existência da possibilidade de adequar, de forma dinâmica, o conteúdo informativo – e consideraremos, sem perda de generalidade, este como conteúdos multimédia englobando texto, imagem e som – ao actual estado emocional da audiência, esta é naturalmente, encarada como uma evidente mais-valia para uma vasta gama de domínios entre os quais são de destacar, a título de exemplo, a indústria cinematográfica, videojogos, entretenimento virtual, passando, necessariamente, pelo *marketing* dirigido, divulgação comercial, e áreas mais distantes como a política, educação e medicina.

É neste cenário aliciante que a tese de Doutoramento relatada no presente documento se enquadra. O conceito de *BioStories* consiste na construção em tempo-real, de forma completamente dinâmica a automática de *storylines* exclusivamente baseadas no estado emocional da audiência, inferida através de leituras biométricas.

A definição de tal sistema pressupõe a correcta modelação dos estados emocionais bem como a escolha dos sinais biométricos a monitorar. Optou-se, deliberadamente por não tornar esta escolha fechada, de forma a potenciar o constante melhoramento do motor de classificação emocional. Não obstante, a última versão estável contempla a observação da *temperatura da pele, volume e frequência respiratória, e resposta galvânica da pele*, tendo por base o modelo *circumplexo de Russell*, potenciando a completa definição e parametrização de uma *simulação aeronáutica* de forma totalmente automática não supervisionada.

A par da constante inovação e experimentação de processos conducentes à confirmação da hipótese inicial, nomeadamente no experimentado contexto do entretenimento, manteve-se particular atenção à divulgação científica das abordagens encetadas e dos resultados entretanto alcançados, privilegiando, para o efeito, a submissão com participação em conferências indexadas internacionais da área. No decurso do processo de investigação foram alcançados todos os objectivos inicialmente propostos, sendo de destacar a adequabilidade da utilização dos canais biométricos eleitos para os fins da detecção de estados emocionais de forma minimamente invasiva com taxas de sucesso acima de 85%. A arquitectura desenhada de forma modular e distribuída permitiu a adaptação relativa aos conteúdos multimédia apresentados que evoluíram progressivamente de texto, para imagens pré-categorizadas, até ambientes 3D imersivos.

Abstract

The correct information fit, in its whole extension attending both to substance and nature, to a given audience is an obvious attention target to multiple and diverse scientific, educational, industrial and commercial domains. This significant temporal, human, material and financial investment has for ultimate goal that the message that one desires to transmit is, in fact, effective and efficient independently of external variables such as the audience composition's intrinsic definition, its current emotional state and consequent content interpretation predisposition and still the context where the communication process takes place.

In this scenario of extreme dynamism, where all society players are object of constant information flow, often with a cannibalism flavor, originated from the most various communication channels, from the traditional ones, to the most technologic, there is a need to potentiate the message transmission and reading so that a real symbiotic relationship can be established between the emitter and the receiver.

Considering as hypothesis of the existence of the possibility of dynamically adequate the information content – and one shall consider, without generality loss, this as multimedia content as text, image and sound – to the current audience emotional state, it is naturally faced as a great breakthrough for a vast range of domains from one shall point, as examples, the cinematographic industry, videogames, virtual entertainment, direct marketing, commercial disclosure, and less common areas such as politics, education and medicine.

It is in this thrilling scenario, that the currently described PhD thesis took place. The *BioStories* concept consists in the real-time storyline design and definition, in a completely dynamic and automatic fashion, exclusively based on audience's emotional state, which is to be inferred through online biometric readings.

Such system definition presupposes the correct emotional state modulation as well as the right biometric channels to monitor. It was decided, deliberately not to take this choice closed, so that constant emotional state classification engine improvement should be potentiated. In spite of this, the last system stable version includes the monitorization of *skin temperature*, *respiration volume and frequency*, and *galvanic skin response*, having by ground base the *Russell's Circumplex Model of Affect*, therefore enhancing the complete definition and parameterization of an *aeronautical simulation* in a totally automatic and unsupervised way.

Coping with the constant innovation and process experimentation that lead to the initially postulated hypothesis confirmation, namely in what refers to the tested context of entertainment, it was kept a particular attention to scientific divulgation of the undertaken approaches and the corresponding achieved results, favoring, for the effect, the submission with speaking opportunities in international indexed conferences. During the investigation process all the initially proposed objectives were fulfilled, and one shall call the attention to the adequability of the elected biometric channels in what concerns emotional states detection by means of minimal invasive approaches, with success rates of above 85%. The modular and distributed designed architecture allowed its constant adaptation to multimedia contents that progressively evolved from text, to pre-categorized still pictures, to immersive 3D environments.

Résumé

L'adéquation correcte des informations sur toute sa longueur ayant soit la forme ou le contenu à un public particulier est le centre de l'attention de diverses disciplines scientifiques, éducatives, industrielles et commerciales. Cet investissement des ressources temporels, humaines, matérielles et financiers a pour dernier objectif que la message que vous voulez transmettre être efficace et efficiente d'une façon indépendante des variables externes telles que la définition intrinsèque de la composition de l'audience, son état émotionnel courant et par conséquent la prédisposition pour interpréter le contenu et le contexte dans lequel s'effectue la communication.

Dans ce scénario de dynamisme extrême, où tous les acteurs de la société sont l'objet de flux d'information continu, souvent avec une saveur de cannibalisme, l'origine des canaux de communication les plus diverses, des plus traditionnels aux plus technologiques, il est nécessaire de potentialiser le message transmission et la lecture de sorte qu'une véritable relation symbiotique peut être établi entre l'émetteur et le récepteur.

Considérant que l'hypothèse de l'existence de la possibilité de dynamique suffisante du contenu de l'information – et on peut envisager, sans perte de généralité, ce que l'état du contenu multimédia en tant que texte, image et son – pour le public courant émotionnel, il est naturellement confronté comme un grand percée pour une vaste gamme de domaines, à titre d'exemple, l'industrie du cinéma, jeux vidéo, du divertissement virtuel, marketing direct, la communication commerciale, et des espaces moins communs tels que la politique, l'éducation et de la médecine.

C'est dans ce scénario passionnant, que la thèse de doctorat actuellement décrites ont eu lieu. Le concept BioStories consiste en la définition des scénarios et lignes d'histoire en temps réel, de façon totalement dynamique et automatique, exclusivement basée sur l'état émotionnel d'audience, qui doit être déduite des lectures en ligne biométriques.

La définition du système présuppose la modulation état correct affectif ainsi que les bons canaux biométriques à surveiller. Il a été décidé, délibérément de ne pas effectuer ce choix fermée, de sorte que l'amélioration constante de l'état émotionnel du moteur de classification devraient être potentialisé. En dépit de cela, la version du dernier système stable comprend les monitorization de la température de la peau, le volume de respiration et de la fréquence et la réponse galvanique de la peau, ayant par la base au *Russell's Circumplex Model of Affect*, renforçant ainsi la définition complète et le paramétrage d'une simulation aéronautique d'une manière totalement automatique et sans surveillance.

Faire face à l'innovation constante et l'expérimentation processus qui conduisent à la confirmation d'hypothèse initialement postulé, à savoir ce qui se rapporte au contexte testé de divertissement, il a été gardé une attention particulière à la publication scientifique des approches entreprises et les correspondants résultats, en favorisant, par l'effet, la présentation en conférences internationales indexées. Au cours de la investigation, tous les objectifs initialement proposés ont été remplies, et on peut appeler l'attention de la adéquation des canaux biométriques élus dans ce qui concerne la détection émotionnelle avec des méthodes peu invasives, avec des taux de succès de plus de 85%. La conception modulaire et distribuée de l'architecture a permis sa adaptation constante à contenus multimédias qui ont progressivement évolué à partir du texte, de pré-classées images fixes, à d'environnements 3D immersifs.

Agradecimentos

Endereço os meus agradecimentos aos professores Eugénio Oliveira e Luís Paulo Reis pela sua disponibilidade como orientadores do meu trabalho que conhece agora o seu término. As suas acções e empenhamento foram determinantes para o sucesso deste projecto desde as primeiras lições sobre sistematização da investigação, passando pela constante preocupação com a divulgação de carácter científico, culminando com a disponibilização dos meios físicos e materiais para a concretização das necessárias actividades experimentais. Neste capítulo gostaria de agradecer as excelentes condições laboratoriais residentes proporcionadas pelo LIACC – Laboratório de Inteligência Artificial e Ciência de Computadores.

Agradeço aos docentes e órgãos directivos da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto que, ao longo do período do meu Doutoramento, constituíram-se elementos decisivos no desenvolvimento da minha formação pessoal, tendo-me ilustrado na perfeição o funcionamento de todos os mecanismos que veiculam os actuais padrões de valores profissionais e sociais que esta instituição espelha na íntegra.

Em especial, agradeço à minha família, noiva e amigos que, ao longo deste percurso, que agora se aproxima do seu término, sempre estiveram presentes nos momentos mais difíceis, concedendo-me o seu inestimável apoio e incentivo, e partilharam as vitórias, vivendo-as em comunhão.

Por fim, agradeço o financiamento concedido pela Fundação para a Ciência e Tecnologia no âmbito da Bolsa de Doutoramento com a referência SFRH/BD/36360/2007.

Prefácio

A opção de iniciar um processo conducente ao Doutoramento em Engenharia Informática tem lugar imediatamente à conclusão da Licenciatura em Engenharia Informática e Computação na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Decorre o ano de dois mil e seis e o *Processo de Bolonha* ganha forma sendo anunciada a sua total implementação para o ano lectivo seguinte. Neste período o autor encontra-se no segundo semestre do quinto e último ano da Licenciatura, a desempenhar funções de *arquitecto de software* na Infineon/Qimonda Portugal, englobado no estágio curricular mandatório da Licenciatura. Ainda numa fase inicial desta incursão industrial, por meados de Março, o tema referente às opções profissionais pós-graduação são levantadas numa das reuniões intermédias com o orientador de estágio da faculdade, o professor Luís Paulo Reis. De forma célere mas casual, a discussão é dirigida para as implicações pragmáticas da implementação do *Processo de Bolonha* tornando-se claro que se a opção recaísse na prossecução do trilha académico, o *salto* directo de Licenciatura para Doutoramento seria uma possibilidade uma vez que o tradicional Mestrado perderia valor. A ideia segue latente durante vários meses adormecida pelas actividades profissionais quotidianas e recuperada a cada reunião de estágio até que a fase de conclusão do estágio se inicia e com ela as propostas de trabalho reais, importando a definição do percurso a definir: *Academia ou Indústria?*

Muito embora a resposta à questão seja dada pela existência deste documento, importa referir que esta teve lugar de forma totalmente anterior à candidatura a qualquer bolsa de doutoramento pelo que o aspecto monetário nunca foi *móbil* para a tomada de qualquer decisão até porque esta implicou a declinação de diversas propostas de trabalho que do ponto de vista monetário teriam sido extremamente mais vantajosas. Assumindo a existência de um princípio racional regedor das acções, a opção pela academia deveu-se então à oportunidade de concretização, com elevado grau de liberdade técnica e criativa, do projecto *BioStories* que se encontrava perfeitamente definido – exclusivamente quanto aos objectivos e funcionalidades – há então vários meses.

A possibilidade de definir um Doutoramento em redor da ideia da distribuição de conteúdos multimédia dinâmicos de forma exclusivamente determinada pelos estados emocionais da audiência era demasiado entusiasmante para ser recusada, ainda para mais tendo consciência que o binómio tempo/ambiente seriam determinantes e irrepetíveis – só a Academia me permitira a liberdade de definição total do projecto sem concessões e uma década anterior ou posterior determinariam a sua impossibilidade técnica ou a falta de novidade.

Concluída que se encontra a descrição da conjectura que proporcionou o início do projecto, importa referir que pese embora a não candidatura a qualquer apoio financeiro durante o primeiro ano de Doutoramento, primariamente por desfasamentos temporais entre os calendários de formalização de candidatura e conclusão de Licenciatura, esta teve lugar no final do ano lectivo de 2006/2007, tendo o autor contado com o apoio fundamental da Fundação para a Ciência e Tecnologia por via da concessão da Bolsa de Doutoramento com a referência SFRH/BD/36360/2007 estando em vigor desde dia um de Outubro do ano de dois mil e sete para um plano de trabalho inicialmente estabelecido para um horizonte temporal de três anos – desconsiderando o primeiro ano de componente curricular e incluindo o processo de redacção do presente documento.

Do ponto de vista logístico, o projecto em análise teve a fortuna de beneficiar, desde, praticamente, o primeiro momento, das extraordinárias condições de trabalho e experimentais

oferecidas pela definição e implementação do, então à data, novo espaço laboratorial do LIACC. O autor teve a oportunidade de fazer parte da comissão técnica e de instalação da infra-estrutura reservada ao *laboratório junior*, estando directamente envolvido na tomada de decisão de elementos logísticos e técnicos o que permitiu a potenciação da adequação do espaço às condicionantes do projecto de Doutoramento. Tal como inicialmente previsto, vir-se-ia a confirmar a importância do espaço então definido bem como das características técnicas do equipamento adquirido para o sucesso não só do projecto *BioStories* bem como da multiplicidade de projectos paralelos, potenciando, deste modo, o estabelecimento de parcerias entre equipas de investigação, bem como o acolhimento de investigadores convidados e alunos finalistas.

Como consequência natural da definição da contextualização logística do trabalho, as relações orgânicas potenciadas pelas condições espaciais e técnicas verificadas, possibilitaram a construções de diversas pontes de cooperação entre várias linhas de investigação do qual, de forma natural, o presente projecto fez parte integrante em variadas momentos, usufruindo das sinergias originárias das relações simbióticas estabelecidas. Neste âmbito são de realçar a constituição de três parcerias que, do ponto de vista cronológico, podem ser encaradas, sem perda de grande precisão, como de vigência anual.

Assim, no decorrer do segundo semestre do ano lectivo de 2006/2007, ainda no decorrer do ano curricular, surge a oportunidade de trabalhar com António Gomes, à data aluno finalista do Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores do Ramo de Telecomunicações. Estando o *BioStories* numa fase embrionária, muito embora a definição dos objectivos fosse clara, existiam inúmeros desafios técnicos a superar, entre eles a formalização e implementação do acesso e processamento dos sinais biométricos. É neste contexto que o António Gomes se motiva pela definição do seu projecto de tese de Mestrado nesta área, constituindo-se como um elemento fundamental no desenvolvimento da *framework* de desenvolvimento de *BioStories*, mais tarde alvo de constante evolução, no desenvolvimento dos *drivers* de aquisição de sinais biométricos para os equipamentos então adquiridos, sendo, de forma algo inusitada, a sua participação marcada pelo desenvolvimento do projecto de *spin-off* relacionado com a electromiografia aplicada[143] que resultou em pedido de patente nacional.

No semestre seguinte, já no ano lectivo de 2007/2008, numa perspectiva de continuação do trabalho então desenvolvido, em idêntico formato e motivação, proporciona-se a colaboração com Jorge Teixeira, igualmente, à data, aluno finalista do Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores do Ramo de Telecomunicações. Neste caso, e atendendo à natural evolução que o trabalho tinha conhecido, opta-se pelo investimento no concreto processamento dos dados oriundos dos equipamentos biométricos na sua perspectiva de utilização final para classificação de conteúdos emocionais. Neste campo são realizadas diversas actividades experimentais com diversos equipamentos que culminam na estabilização da plataforma de comunicação bem como da percepção da correlação entre diversos canais biométricos e estados emocionais[138]. São igualmente constatadas determinadas correlações entre variáveis que assumem uma importância *per si* [141][142], bem como são experimentados diversos mecanismos de processamento estatístico dos dados bem como de classificação não supervisionada[137][140]. Estes avanços servem de base à sua compilação no segundo e terceiro protótipos do *BioStories* que contemplam já a apresentação de texto e imagens adaptados ao estado emocional do utilizador[135].

A última colaboração, directamente relacionada com o presente trabalho, teve lugar durante o primeiro semestre do ano lectivo de 2008/2009, tendo sido estabelecida uma relação simbiótica potenciadora da investigação individual com Daniel Castro Silva, à data igualmente investigador inserido no LIACC a desenvolver a sua tese de Doutoramento na área de coordenação de agentes com aplicação imediata em aeronáutica. A sua experiência na programação de simuladores de voo, nomeadamente ao nível da planificação de voo, parametrização de variáveis de ambiente e monitorização com correcção automática de manobras constituiu uma oportunidade de adaptação à produção de conteúdos multimédia contínuos. Por seu lado, a investigação do Daniel Castro Silva usufruiu de uma plataforma de validação dos seus mecanismos de controlo de voo, essenciais para a sua posterior utilização e adaptação para a coordenação de aeronaves. A parceria descrita redundou na definição e implementação da versão final do protótipo do *BioStories* com a inclusão de ambientes tridimensionais contínuos com elevados níveis de imersividade que viram o seu impacto verificado com a introdução do conceito de fusão sensorial dos sinais oriundos dos canais biométricos entretanto revistos e readaptados [132][133].

Em suma, pese embora a pouco ortodoxa inclusão de componentes extra-científicas referentes à contextualização do trabalho, ao invés da sua tradicional referência *en passant* aquando do ponto introdutório, o autor reforça a sua convicção na importância da opção tomada, tendo em vista a melhor e mais detalhada compreensão da motivação para a iniciação deste projecto – que tem necessárias implicações ao nível de opções profissionais – bem como da definição dos objectivos que se propõe alcançar. É precisamente sobre estes aspectos que o ponto subsequente versa sendo que deverá ser analisado à luz da contextualização dos elementos conjecturais, orgânicos, logísticos e estruturais, para além dos de natureza estritamente científica.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento Geral	1
1.2	Motivação e Objectivos	2
1.3	Principais Contribuições Científicas	4
1.4	Estrutura da Tese	5
2	Trabalho Relacionado	8
2.1	Modelação de Estados Emocionais	8
2.2	Métodos de Indução e Classificação de Estados Emocionais	15
2.3	Conteúdos Multimédia Dinâmicos	25
2.4	Soluções de <i>Hardware</i>	28
2.5	Abordagens Globais	31
3	Arquitectura e <i>Framework</i> de Desenvolvimento do BioStories	33
3.1	Requisitos de Arquitectura	33
3.2	Descrição da <i>Framework</i> de Desenvolvimento	34
4	Implementação e Detalhe dos Protótipos BioStories	38
4.1	Fase Inicial e Fenómeno de <i>Spin-off</i>	39
4.2	BioStories – Protótipos Preliminares	45
4.2.1	Primeiras Abordagens e Metodologia Experimental	45
4.2.2	Métodos para a Análise dos Dados	50
4.2.2.1	Decimação e Médias Ponderadas	50
4.2.2.2	Remoção de Picos	53
4.2.2.3	Evolução por Degraus	55
4.2.3	Protótipo Funcional sobre IAPS Library	56
4.2.3.1	Emotion Assessment Tool	56
4.2.3.2	BioStories sobre IAPS Library	63
4.3	BioStories em Ambiente Imersivo 3D – sobre Flight Simulator X	67
5	Resultados Alcançados	74
5.1	Controlo de Rato por Electromiografia	74
5.2	Abordagem Inicial e Validação e Reutilização da <i>Framework</i>	76
5.3	Indução e Classificação de Estados Emocionais	81
5.3.1	EAT	81
5.3.2	BioStories sobre IAPS Library	82
5.3.3	BioStories em Ambiente Imersivo 3D	84
5.4	Grau de Imersividade e Adequabilidade dos Conteúdos Multimédia	86
6	Análise Crítica e Conclusões	89
6.1	Sub-Projectos Paralelos	89
6.2	Abordagem Inicial e <i>Framework</i> de Desenvolvimento	91
6.3	Modelação, Indução e Classificação de Estados Emocionais	94
6.3.1	EAT	94
6.3.2	Protótipos BioStories	96
6.4	Conteúdos Multimédia Dinâmicos	98
6.5	Análise Global	99
7	Perspectivas de Desenvolvimento e Trabalho Futuro	102
7.1	Classificação Emocional	102

7.2	Conteúdos Multimédia – Estrutura e Distribuição	104
7.3	Perspectivas de Evolução de <i>Hardware</i>	105
7.4	Potencial Valorização Económica e Factores Crítico de Sucesso	107
8	Conclusões Sumárias	112
	Referências e Bibliografia	114
	Apêndice.....	i
	Dados Técnicos das Soluções de Hardware Adoptadas	i
	Estudo de Mercado Comparativo Relativamente às Soluções de Hardware Adoptadas.....	vi
	Mecanismos de Controlo da Ferramenta <i>IAPS Wizard</i>	viii
	Patente 37948.08 “Dispositivo e método para control e actuação por electromiografia”	xi
	Texto Introdutório Apresentado aos Voluntários das Sessões Experimentais.....	xxvi
	Ficha de Controlo das Sessões Experimentais	xxviii

Índice de Figuras

Ilustração 1 - Modelo Circumplexo de Russell	12
Ilustração 2 – Roda das Emoções de Putschik	14
Ilustração 3 – Metodologia de Gradação Emocional SAM.....	19
Ilustração 4 – Distribuição do Espaço Afectivo dos conteúdos da IAPS Library (a) Todos os Participantes (b) Sexo Masculino (c) Sexo Feminino	21
Ilustração 5 – Arquitectura Genérica da <i>Framework</i> de Desenvolvimento	35
Ilustração 6 – Arquitectura da <i>Framework</i> Instanciada ao Protótipo <i>BioStories</i> em Ambiente Imersivo 3D.....	37
Ilustração 7 – Arquitectura da <i>Framework</i> de Desenvolvimento Detalhada para a o Protótipo de Controlo de Rato por Electromiografia	40
Ilustração 8 – A-Screenshot da Aplicação de <i>EEG Client</i> B-Screenshot da Aplicação de <i>Mouse Control</i>	41
Ilustração 9 – Sistema de Posicionamento de Eléctrodos.....	42
Ilustração 10 – Método de Detecção de Fecho Intencional de Olho	43
Ilustração 11 – Exemplo de Aplicação do Protótipo de Controlo de Rato por Electromiografia	44
Ilustração 12 – Screenshot da Aplicação <i>IAPS Wizard</i>	47
Ilustração 13 - Espaço Afectivo das Sessões Experimentais.....	49
Ilustração 14 – Diagrama de Blocos do Processo de Decimação[151]	50
Ilustração 15 – Processo de Amostragem de um Sinal Discreto[151]	51
Ilustração 16 – Sinal Decimado[151]	52
Ilustração 17 – Aplicação do Método de Decimação e Médias Ponderada.....	53
Ilustração 18 – Diagrama de Actividades UML do Método de Remoção de Picos	54
Ilustração 19 – Aplicação do Método de Remoção de Picos a um Sinal de EEG.....	55
Ilustração 20 – Aplicação da Metodologia de Evolução por Degraus	56
Ilustração 21 – Arquitectura da <i>Framework</i> de Desenvolvimento Detalhada para a Condução das Sessões Experimentais Referentes à Abordagem Inicial e Estudo dos Equipamentos	57
Ilustração 22 – Propriedades do Parâmetro <i>distance</i> da Função <i>kmeans</i> do <i>Matlab</i>	59
Ilustração 23 – Propriedades do Parâmetro <i>start</i> da Função <i>kmeans</i> do <i>Matlab</i>	59
Ilustração 24 – Interface Gráfica do EAT com Representação da Análise de <i>Clusters</i>	61
Ilustração 25 – Diagrama UML Referente ao Processo de Decisão do Estado Emocional	63
Ilustração 26 – Interface Gráfica do Protótipo <i>BioStories</i> sobre <i>IAPS Library</i>	64
Ilustração 27 - Modelo Conceptual da Base de Dados de Suporte ao Protótipo <i>BioStories</i> sobre <i>IAPS Library</i>	65

Ilustração 28 – Componente de Visualização da Arquitectura da <i>Framework</i> Instanciada ao Protótipo <i>BioStories</i> em Ambiente Imersivo 3D.....	67
Ilustração 29 – Interface Gráfica do Protótipo <i>BioStories</i> em Ambiente Imersivo 3D.....	69
Ilustração 30 – Rotas Definidas da Simulação Aeronáutica.....	72
Ilustração 31 – Distribuição dos Resultados Experimentais do Controlo de Rato por Electromiografia.....	75
Ilustração 32 – Histograma dos Resultados Experimentais do Controlo de Rato por Electromiografia.....	75
Ilustração 33 – Evolução Temporal dos Valores Médios das Ondas Beta e Gama ao Longo das Sessões Experimentais sem Decimação (A) e com Decimação (B).....	77
Ilustração 34 – Comparativo por Género entre Valores Médios das Ondas Beta (A) e Gama (B).....	77
Ilustração 35 – Evolução Temporal dos Valores Médios das Resposta Galvânica da Pele ao Longo das Sessões Experimentais sem Decimação (A) e com Decimação (B).....	78
Ilustração 36 – Evolução Temporal dos Valores das Resposta Galvânica da Pele (A) e Ritmo Cardíaco (B) ao Longo das Sessões Experimentais com Decimação	79
Ilustração 37 – Dados Médios dos Sujeitos com Medo de Voar & Níveis Médios de <i>Arousal</i>	86
Ilustração 38 – Distribuição da Classificação de Imersividade.....	87
Ilustração 39 – Mecanismo de Selecção Parametrizada de Conteúdos	viii
Ilustração 40 – Processo de Ordenação de Imagens.....	ix
Ilustração 41 – Processo de Interpolação do Conjunto de Imagens	x
Ilustração 42 – Ficha de Controlo das Sessões Experimentais Página Um.....	xxviii
Ilustração 43 – Ficha de Controlo das Sessões Experimentais Página Dois	xxix

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Lista de Emoções Base por Autor	10
Tabela 2 – Categorização de Emoções em Árvore.....	11
Tabela 3 – Sumário da Parametrização da Simulação Aeronáutica	73
Tabela 4 – Matriz de Confusão do EAT sem Política de Descarte	81
Tabela 5 – Matriz de Confusão do EAT com Política de Descarte	82
Tabela 6 – Matriz de Confusão do Protótipo <i>BioStories</i> sobre <i>IAPS Library</i> para Classificação Emocional	83
Tabela 7 – Matriz de Confusão do Protótipo <i>BioStories</i> sobre <i>IAPS Library</i> para Indução Emocional	83
Tabela 8 – Matriz de Confusão do <i>BioStories</i> em Ambiente Imersivo 3D para Classificação Emocional v1.....	85
Tabela 9 – Matriz de Confusão do <i>BioStories</i> em Ambiente Imersivo 3D para a Classificação Emocional v2.....	85
Tabela 10 – Dados Técnicos Gerais do Neurobit Lite.....	i
Tabela 11 - Subsistema de Audio do Neurobit Lite	i
Tabela 12 – Subsistema de Medição do Neurobit Lite.....	ii
Tabela 13 – Subsistema de Comunicação por Infravermelhos do Neurobit Lite.....	ii
Tabela 14 – Dados Técnicos Gerais do Oxocard	iii
Tabela 15 – Dados Técnicos Gerais do Vuzix iWear.....	iii
Tabela 16 – Dados Técnicos Gerais do Nexus-10.....	iv
Tabela 17 – Subsistema de Comunicação por Infravermelhos do Nexus-10.....	iv
Tabela 18 – Subsistema de Medição de Canais Bipolares do Nexus-10.....	v
Tabela 19 – Subsistema de Medição de Canais Aux do Nexus-10	v
Tabela 20 – Quadro Comparativo Soluções Hardware EEG – Parte I	vi
Tabela 21 – Quadro Comparativo Soluções Hardware EEG – Parte II.....	vii

Índice de Equações

Equação 1 – Passo Final da Decimação de um Sinal Discreto[151]	51
Equação 2 – Cálculo das Médias Ponderadas	52
Equação 3 – Algoritmo para Aplicação da Evolução por Degraus	55
Equação 4 – Sintaxe da Função <i>kmeans</i> do <i>Matlab</i>	58
Equação 5 – Algoritmo para o Cálculo da Taxa de Semelhança.....	59
Equação 6 – Algoritmo de Criação dos Grupos no Processo de <i>Clustering</i>	60
Equação 7 – Centróides e Dimensão dos <i>Clusters</i>	62
Equação 8 – Modelo de Escalonamento Dinâmico dos Dados Biométricos.....	70

Acrónimos

BCI	<i>Brain Computer Interface</i> , Interface Cérebro Computador
BioStories	Nome de Código do Trabalho de Doutoramento
CMDis	Conteúdos Multimédia Discretos
CMDin	Conteúdos Multimédia Dinâmicos
EAT	<i>Emotion Assessment Tool</i>
ECG	Electrocardiograma
EEG	Electroencefalografia
EMG	Electromiografia
fMRI	<i>Functional Magnetic Resonance Imaging</i> Ressonância Magnética Funcional
GSR	<i>Galvanic Skin Response</i> , Resposta Gálvânica da Pele
IADS	<i>International Affective Digitalized Sounds</i>
IAPS	<i>International Affective Picture System</i>
IR	<i>Infrared</i> , Infravermelhos
PAD	<i>Pleasure, Arousal & Dominance</i>
PANAS	<i>Positive Affect Negative Affect Scale</i>
PCMCIA	<i>Personal Computer Memory Card International Association</i> , Interface de Expansão
RCMA	<i>Russell's Circumplex Model of Affect</i> , Modelo Circumplexo de Russell
RS-232	Porta Série
SpO2	Taxa de Oxigenação do Sangue
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol / Internet Protocol</i>
UML	<i>Unified Modeling Language</i>

1 Introdução

O presente capítulo tem por objectivo constituir-se como um guia rápido de contextualização do trabalho desenvolvido bem como definir sumariamente a estrutura do documento com o objectivo último de permitir ao leitor uma célere e eficaz introdução à temática em questão.

1.1 Enquadramento Geral

O trabalho alvo de apresentação ao longo do presente documento enquadra-se na problemática respeitante à distribuição de conteúdos multimédia cujo conteúdo seja adaptado dinamicamente ao estado emocional da audiência. Tendo em consideração *frase resumo chave* do projecto bem como o seu título, importa então mencionar as três grandes vertentes necessariamente estudadas ao longo do trabalho:

- Classificação emocional;
- Conteúdos multimédia dinâmicos;
- Distribuição eficaz e eficiente dos conteúdos.

Relativamente ao primeiro tópico, este reveste-se da maior complexidade uma vez que engloba, simultaneamente, desafios múltiplos cuja forte correlação e sequenciação desencadeiam uma estrutura de interdependência delicada e potencialmente comprometedora do sucesso de todo o projecto. Deste modo, neste tema é abordada a selecção dos canais biométricos sobre os quais será efectuada a correcta classificação emocional, com especial preocupação para a manutenção de níveis de intrusividade mínima de forma a maximizar a redução de perda de imersividade e naturalidade da experiência por parte da audiência. De forma concomitante mas complementar, é necessária a definição do modelo de base referente à formalização dos diferentes estados emocionais a identificar, mantendo a constante preocupação na sua premente tradução e adequabilidade a mecanismos de processamento automático, nomeadamente ao nível da fusão sensorial dos canais biométricos. Como factor agregador deste domínio, é vital o desenho e implementação do motor de classificação emocional devidamente apoiado por mecanismos experimentais válidos.

O segundo tópico, referente aos conteúdos multimédia dinâmicos, encerra uma dicotómica árvore categorizadora que, muito resumidamente, pode ser descrita entre a distinção quanto ao tipo de produção de conteúdos, podendo esta ser *on-the-fly* à medida que estes são apresentados e distribuídos ou de forma mais tradicional de forma pré-produzidos; ou quanto à sua natureza, contemplando formas simples de texto, agregando imagens de forma semelhante a diapositivos ou evoluções complexas de conteúdos audiovisuais constituindo cenas 3D com ou sem interactividade. Naturalmente que se verifica uma correlação entre a complexidade dos conteúdos e o seu grau de imersividade e credulidade, tendo directas implicações nas respostas emocionais provocadas. No entanto, a manutenção de coerência na linha de história, bem como da eficiência da sua distribuição tem, igualmente um incremento do seu grau de dificuldade com a crescente complexidade dos conteúdos. Tendo então em consideração todos os detalhes relativos aos desafios relacionados com o domínio dos conteúdos multimédia dinâmicos, em especial, naqueles que se intersectam, directamente, com o tema do trabalho, entende-se que a correcta abordagem deste domínio constitui uma pedra basilar para o sucesso de todo o projecto, uma vez que tem implicações ao nível da validação e indução dos estados emocionais da audiência.

O terceiro ponto apresenta um cariz eminentemente mais técnico uma vez que se pode traduzir nas opções efectuadas ao nível das actividades relacionadas com a distribuição eficaz e eficiente dos conteúdos multimédia descritos no parágrafo anterior. Deste ponto nasce a necessidade do desenho de uma *framework* que permita, de forma distribuída não só o acesso e consequente distribuição dos conteúdos multimédia aos diferentes elementos da audiência mas que o efectue de forma a não comprometer o grau de imersividade da experiência. Acresce ainda a este ponto, a necessidade de incorporar de forma transparente a transmissão de dados relativos ao processamento dos estados emocionais bem como da política emocional de toda a experiência de forma a promover a selecção mais acertada do conteúdo multimédia a ser apresentado. Tendo estas considerações presentes, bem como a natureza de todo o trabalho, este ponto assume uma relevância que, à primeira vista seria de desconsiderar mas que se revela ser um factor crítico de sucesso.

De forma a sumariar este ponto relativo ao enquadramento geral do projecto, poder-se-á afirmar que através da conjugação da aferição do estado emocional da audiência de forma totalmente automática e sem intervenção da mesma – idealmente sem sequer que esta se aperceba – através da leitura de canais biométricos, conteúdos multimédia gerados *on-the-fly* ou previamente produzidos e catalogados emocionalmente são apresentados de forma a realizar a melhor correspondência entre o estado emocional da audiência e o objectivo primário original da definição dos conteúdos.

1.2 Motivação e Objectivos

Esta secção visa a apresentação e detalhe dos elementos motivadores que conduziram a realização do presente projecto bem como dos objectivos *a priori* definidos como metas a alcançar. É entendimento do autor que as secções anteriores são instrumentais do ponto de vista da justificação das opções agora alvo de enunciação.

Os elementos motivacionais que locomoveram a realização do presente trabalho prendem-se com a importância, a múltiplos níveis, desde a sua vertente quotidiana, lúdica ou educacional ao seu potencial exponencial impacto económico em vários domínios, da problemática da determinação automática não invasiva de estados emocionais quando aplicada à definição de sistemas com determinado grau de interactividade. Dentro deste vasto domínio, a produção e distribuição de conteúdos multimédia adaptados ao actual estado emocional da audiência constitui um desafio do mais elevado grau de interesse sob diversos prismas.

A virtual inexistência, à data, de uma linha de investigação coerente e global à problemática exposta constituiu uma janela de oportunidade bem como um factor extra de motivação. Tal como levemente referido em secções anteriores – ver 1.1 – o trabalho proposto contempla, sumariamente, duas grandes áreas complementadas por uma terceira aglutinadora de cariz técnico. Tendo este facto presente, em especial no momento do início do projecto e ainda durante a actualidade, os principais esforços de investigação centram-se, quase em exclusivo, na análise separada e compartimentada, ocupando-se ora do domínio da modelação e determinação de estados emocionais, ora da produção de conteúdos multimédia, mas raramente realizando a intersecção dos dois planos. A possibilidade de contribuição em ambos os domínios e especial na definição duma solução de união entre as linhas de investigação expostas revelou-se particularmente desafiante.

Aliada ao cariz oportunista do então estado da arte, manifestou-se, desde cedo, o vislumbre de vastas e variadas possibilidades de adaptação da tecnologia a desenvolver em virtualmente

inúmeros domínios, em especial com a crescente importância verificada ao nível das áreas do *Affective* e *Ubiquitous Computing*. Numa primeira análise ambicionou-se a sua aplicação em ambientes interactivos de entretenimento como videojogos ou ambientes virtuais, mas rapidamente se entendeu que o trabalho deveria ser potenciado em domínios mais tradicionais tais como a indústria cinematográfica, aplicações médicas, domótica, *marketing dirigido* ou ainda apresentar-se como vertente instrumental auxiliar de outras áreas científicas. Deste modo, a identificação de uma vasta gama de possibilidades de aplicação prática da tecnologia assumiu-se, desde logo, como um elemento crítico de motivação para a concretização do presente trabalho.

Por último, a oportunidade de realizar investigação em áreas distintas e ora mais próximas da Medicina, ora mais relacionadas com a produção de conteúdos multimédia, aliada a uma forte componente experimental, exerceu um fascínio adicional sobre a temática, reforçada pela possibilidade de fazer parte, desde cedo, de uma linha de investigação relativamente pouco explorada a nível mundial.

Tendo em consideração, quer o enquadramento científico e detalhado do trabalho, quer os seus principais factores críticos de motivação, é com alguma naturalidade que a o objectivo principal global do projecto seja fortemente orientado à engenharia de integração podendo ser definido como o desenho e implementação de protótipo vertical totalmente funcional caracterizado pela geração e distribuição em tempo real de conteúdos multimédia totalmente adaptados ao estado emocional da audiência monitorizado e classificado a partir da leitura de dados biométricos de forma minimamente invasiva. Para o efeito, são estudadas e propostas metodologias específicas para a modelação e classificação de estados emocionais através de canais biométricos bem como para a produção, geração e distribuição de conteúdos multimédia dinâmicos e adaptados à política emocional pretendida.

Assim sendo, a principais objectivos específicos do presente trabalho podem ser sumariados na seguinte listagem:

- Estudo do conceito de estado emocional bem como dos modelos computáveis de definição formal;
- Estudo do conceito de emoção do ponto de vista fisiológico, identificando quais os canais biométricos adequados para a sua definição e classificação;
- Proposta de metodologia automática minimamente invasiva de classificação automática de estados emocionais baseada na monitorização de canais biométricos alvos de pré-selecção;
- Estudo e definição dos mecanismos de produção e geração de conteúdos multimédia dinâmicos mantendo a coerência da linha de história;
- Definição de plataforma de suporte à aquisição e processamento de sinais biométricos tendo, por base um conjunto potencialmente dinâmico de equipamentos, com arquitectura distribuída e possibilidade de suporte à distribuição de conteúdos multimédia bem como interligação de módulos de forma dinâmica;
- Implementação de protótipo do *BioStories* vertical completamente funcional ao nível da apresentação coerente de conteúdos multimédia de forma exclusivamente determinada pela definição dos estados emocionais da audiência;
- Generalização da abordagem proposta através da identificação de domínios de aplicação com correspondente especificação das necessárias adaptações a realizar, enunciando os potenciais benefícios bem como as suas principais limitações de ordem técnica e funcional.

De forma complementar à lista de objectivos específicos do trabalho, acima enunciada, estabeleceu-se, desde a sua fase preliminar, a meta da manutenção de um regular esforço pela publicação de cariz científico através da publicação em conferências internacionais indexadas dos avanços científicos alcançados. Esta missão sempre visou a validação das metodologias defendidas, das opções adoptadas e dos resultados alcançados e, de forma concomitante, adjuvar a definição e consequente incorporação deste domínio científico.

Para efeitos de fecho da componente introdutória do trabalho, em toda a sua extensão, importa referir que todo o descrito enquadramento científico e conjectural impeliu a realização da presente Tese de Doutoramento dominada pelo princípio da Engenharia multidisciplinar e logo de forma orientada à resolução de problemas, sem que com isto se tenha obliterado a necessária vertente científica. Neste domínio, fruto das idiossincrasias da temática em estudo, optou-se por uma metodologia de investigação com fortes raízes experimentais sendo que parte destas sessões se caracterizam por uma abordagem *action-based* em que se reproduzem cenários e contextos específicos com o intuito de induzir estados emocionais, permitindo o registos das variáveis identificadas. De forma complementar, e sem prejuízo de uma abordagem globalmente quantitativa, verifica-se a selecção de metodologias interpretativista, nomeadamente ao nível do processo de *self-assessment* e consequente validação de resultados da classificação emocional.

1.3 Principais Contribuições Científicas

O processo de análise discriminatória das contribuições científicas levadas a cabo ao longo do trabalho alvo de presente descrição revela-se, necessariamente, um desafio em si mesmo, acentuado ainda pela concisão sumária exigida. Não obstante, a natureza multi-facetada do trabalho desenvolvido permite a identificação dos seguintes tópicos como principais contribuições:

- Método de fusão sensorial aplicada à definição e classificação de estados emocionais contínuos no espaço bidimensional. A proposta final, contemplada no protótipo mais evoluído do *BioStories*, propõe o método de fusão sensorial dos canais biométricos alvo de monitorização directamente para as variáveis *arousal*¹ e *valence*¹, possibilitando, deste modo, a definição e classificação contínua de estados emocionais e, simultaneamente, não comprometer o grau de inteligibilidade da informação disponibilizada. Este ponto é considerado, pelo autor, como a contribuição mais significativa do trabalho apresentado, uma vez que se trata, efectivamente, do culminar de diversas opções, nomeadamente ao nível dos canais biométricos, da sua interpretação e conjugação com o modelo emocional, permitindo uma harmoniosa articulação de factores que definem o *core* de todo o trabalho.
- Produção de conteúdos multimédia *on-the-fly* dinâmicos com elevados níveis de imersividade. A possibilidade da geração de tais ambientes coerentes, sendo estes totalmente parametrizados de forma automática tendo por base os estados emocionais detectados aliados à política emocional estabelecida, constitui não um importante instrumento na mecânica global do projecto mas também um módulo autónomo que potencia aplicações em domínios alternativos.

¹ Opta-se por proceder à manutenção do termo original em inglês de forma a promover a conservação do seu sentido original que correria o risco de corrupção por via da tradução literal.

- Validação do modelo emocional na sua vertente adaptada do modelo *circumplexo de Russell* na sua versão a duas dimensões considerando *arousal* e *valence* como variáveis associadas aos eixos do plano. A adaptação de um modelo relativo aos estados emocionais para os propósitos do trabalho almejando elevados níveis de estabilidade do mesmo bem como de aceitação e compreensão pelos utilizadores finais dos protótipos desenvolvidos assumiu-se como um ponto de vital importância para o sucesso do projecto e uma contribuição por si válida uma vez que poderá ser alvo de reutilização em outros domínios assumindo a dimensão contínua proposta.
- Desenho, implementação e validação de *framework* de desenvolvimento experimental seguindo paradigma modular distribuído. A definição de tal plataforma e, em especial, do seu princípio basilar, constitui, por si, uma importante contribuição, uma vez que não só permitiu o desenvolvimento incremental de todo os projectos directamente relacionados com o trabalho global, mas afirmou-se como uma estável e flexível plataforma de desenvolvimento com suporte a actividades experimentais, possibilitando a sua aplicação em áreas de investigação díspares que necessitam de mecanismos de comunicação distribuída com interligação de interfaces de *hardware*.
- Definição de tecnologia aplicada ao controlo de rato por electromiografia. Muito embora esta não fosse uma área directamente ligada ao projecto, nem o seu desenvolvimento constasse de qualquer plano de trabalho original, a aplicação inusitada de determinados equipamentos abriu portas à definição de um protótipo que visava o controlo parcial de um rato de computador exclusivamente por electromiografia. As taxas de sucesso alcançadas e a inovação dos processos utilizados aliados à sua aparente simplicidade resultaram em pedido concedido de patente nacional – sendo que a sua internacionalização apenas foi abandonada por motivos financeiros.
- Síntese e análise crítica das metodologias propostas pelos autores mais relevantes na áreas de intersecção com o trabalho proposto, nomeadamente ao nível da modelação e classificação de estados emocionais bem como da produção de conteúdos multimédia dinâmicos. Sempre que possível foi privilegiada a abordagem vertical integradora realizando um comparativo crítico com as opções defendidas pela presente tese.

De forma complementar à enunciação das principais contribuições, julga-se que o contínuo esforço pela divulgação científica visando a submissão com participação em conferências internacionais com indexação provou ser válido, tal como os doze artigos publicados nestes moldes são disso espelho.

1.4 Estrutura da Tese

Este documento encontra-se definido em oito capítulos, sendo que o primeiro consiste na introdução à tese incluindo a enunciação dos seus objectivos e motivação, no qual esta secção se encontra dedicada à descrição da sua estrutura.

O segundo capítulo visa a identificação e descrição de trabalhos relacionados nas diferentes áreas individuais com que o trabalho apresentado se intersecta, realizando, sempre que pertinente, o paralelismo com as soluções adoptadas. Deste modo, o capítulo encontra-se dividido estruturalmente de forma a que esta abordagem seja efectuada contemplando individualmente as diferentes propostas de modelação de estados emocionais; as metodologias quer de indução, quer de detecção e classificação de estados emocionais; os projectos desenvolvidos na área de definição e geração de conteúdos multimédia dinâmicos;

as diferentes soluções de *hardware* que visam a satisfação dos desafios lançados pelos pontos anteriores – com especial ênfase na detecção de estados emocionais e distribuição de conteúdos multimédia. O capítulo conclui-se com a identificação de projectos que visam a agregação dos diversos temas referidos, aproximando-se assim, do trabalho apresentado.

O capítulo terceiro é o primeiro de três que têm por objectivo a descrição modular detalhada do trabalho desenvolvido. Este ponto em particular contempla a descrição da necessidade do desenvolvimento da *framework* de suporte às diferentes versões do projecto, realizando, numa primeira fase, a apresentação do seu princípio subjacente e, consequentemente, a descrição detalhada dos seus componentes, módulos e orgânica funcional. Pese embora o cariz eminentemente técnico deste capítulo, considerou-se que a sua inclusão é pertinente para a correcta inteligibilidade do projecto bem como das possibilidades de trabalho em áreas potencialmente divergentes que oferece.

O quarto capítulo providencia a descrição detalhada da definição e implementação das diferentes evoluções do protótipo *BioStories*. Seguindo uma ordem cronológica, de forma a melhor promover a apresentação sequencial das actividades desenvolvidas e consequentes opções assumidas, surge, primeiramente, a exposição do projecto *controlo de rato por electromiografia* que se constituiu como entidade semi-autónoma resultado da *definição* e experimentação da *framework* então em fase de desenvolvimento, tendo resultado em patente nacional. Seguidamente são detalhadas as diferentes versões do protótipo, especificando, em especial, as opções tomadas ao nível dos sinais biométricos eleitos, equipamentos seleccionados, definição do motor de classificação bem como da evolução contínua efectuada ao nível da produção de conteúdos multimédia. Deste modo, é com naturalidade, que a sequenciação das secções resulte na apresentação das versões baseadas em *texto*, *imagens pré-catalogadas* e *ambiente 3D imersivo*, por esta ordem.

O quinto capítulo visa a apresentação dos resultados alcançados ao longo das diferentes fases do trabalho. Deste modo, este capítulo encontra-se dividido de forma a contemplar, modularmente, os resultados experimentais alcançados nas diferentes vertentes do *BioStories*, nomeadamente ao nível do projecto de *spin-off* referente ao *controlo de rato por electromiografia*; validação da adequabilidade, flexibilidade e robustez da *framework* de desenvolvimento e testes definida ao longo do trabalho; validação do modelo de estados emocionais adoptado, bem como dos canais biométricos seleccionados no que se refere à dualidade entre indução e classificação de estados emocionais em tempo-real; grau de imersividade e credibilidade dos conteúdos multimédia apresentados.

O capítulo sexto constitui-se como a extensão crítica do ponto anterior, sendo realizada uma análise crítica aos resultados previamente apresentados, extraíndo-se, consequentemente, o rol de conclusões relacionadas com o trabalho desenvolvido. De forma análoga ao capítulo anterior, e de forma a manter a consistência orgânica do documento, esta análise é efectuada seguindo a divisão explicitada entre projectos paralelos, *framework* de desenvolvimento, modelação e classificação de estados emocionais e conteúdos multimédia dinâmicos. O capítulo conclui-se com uma apreciação crítica resultante de uma abordagem global e aglutinadora.

O sétimo capítulo é dedicado à identificação de perspectivas de desenvolvimento que se constituem como oportunidades de trabalho futuro. Sempre que possível, esta análise é efectuada modularmente, de forma a poder ser encarada como um documento basilar e estruturante de projectos potenciais. Deste modo, este ponto encontra-se dividido de forma a

assinalar oportunidades, resultantes da análise cruzada entre os resultados alcançados em cada uma das áreas já mencionadas e as respectivas conclusões retiradas, em cada um dos seguintes domínios: classificação emocional, englobando-se, neste ponto questões relacionadas com a incorporação de canais biométricos alternativos bem como metodologias alternativas de condução experimental e avaliação de resultados; conteúdos multimédia, especialmente no que se refere à definição estrutural de conteúdos dinâmicos produzidos em tempo real, bem como aos desafios relacionados com a distribuição heterogénea massiva a audiências fisicamente concentradas; soluções de *hardware*, são identificadas oportunidades de optimização ao nível dos parâmetros funcionais dos equipamentos necessários para a condução das actividades enunciadas; potencial valorização económica, são identificados os principais factores práticos de sucesso de uma possível comercialização da tecnologia desenvolvida, resultado de uma visão agregadora de todas as facetas referidas conjugada com a intersecção das reais necessidades e oportunidades de mercado.

O capítulo último consiste na apresentação sumária das conclusões extraídas do trabalho, realizando o seu balanço global através da comparação entre os objectivos inicialmente propostos, as hipóteses enunciadas e os resultados alcançados.

Foi igualmente considerado importante a migração de diversos materiais de carácter acessório para apêndice, nomeadamente os dados técnicos das soluções de *hardware* bem como os modelos de inquérito utilizados e ainda o pedido de patente realizado.

2 Trabalho Relacionado

Este capítulo é dedicado à exposição e descrição de trabalhos relacionados com a proposta descrita ao longo do presente documento. Pese embora a natural preponderância da referência a projectos académicos e científicos, como consequência da índole abrangente e integradora do *BioStories*, especialmente no que se refere aos conteúdos multimédia, considera-se, igualmente, importante a identificação de trabalhos que resultam de esforços de carácter mais prático e comercial. Este resgate de determinados produtos ou serviços visa a identificação de potenciais linhas de abordagem tendo como alvo a aplicação quotidiana da tecnologia proposta em contextos tão diversos quanto possível.

Atendendo ao cariz multidisciplinar do trabalho, também este estudo se encontra seccionado de acordo com a temática a abordar, pelo que se entendeu útil a referência compartimentada entre a problemática dos estados emocionais – sendo ainda dividida entre as questões relacionadas com a sua modelação e as referentes à metodologia de indução e classificação – e os conteúdos multimédia dinâmicos, bem como quais as soluções ao nível dos equipamentos que permitem diferentes abordagens à exposta problemática. Por fim, considerou-se importante a identificação de trabalhos relacionados que tenham uma perspectiva integradora ou parcialmente integradora dos domínios já referidos.

De forma complementar, explicita-se desde já, que o presente capítulo, encontra-se estruturado de forma a que se permitam referências a projectos que pese embora se debrucem sobre os mesmos tópicos, a sua abordagem será desconsiderada. Esta opção, tomada nesta fase, permite não só potenciar a completude da presente análise, mas igualmente, providenciar a explicitação e justificação de diversas opções assumidas ao longo do presente trabalho.

Este estudo do *estado da arte* é oportunamente complementado, nos pontos em que tal se coaduna com o âmago do *BioStories*, com a identificação e justificação das abordagens seguidas, sempre numa perspectiva comparativa com as demais opções apresentadas.

2.1 Modelação de Estados Emocionais

Tendo em consideração a tese sobre a qual o presente trabalho se centra, o domínio da correcta e eficiente modelação dos estados emocionais é de vital importância para dar início ao processo de *feedback* por via da apresentação de conteúdos multimédia adaptados. Nesta medida, importa, neste ponto, realizar uma divisão clara entre a definição de *emoção* e o que se entende pela sua *modelação*.

Igualmente neste momento, é esclarecido que, pese embora exista uma diferenciação entre *emoção* e *estado emocional*, podendo-se entender o primeiro termo como algo *discreto* e único; e o segundo como a sua componente *contínua* representando um estado prolongado e repetido, podendo conter uma miríade de emoções, esta será obliterada no âmbito do presente trabalho, uma vez que o seu propósito visa a identificação de *emoções* em tempo real e não tendências emocionais a longo prazo. Deste modo, cingindo o domínio do trabalho a este espectro temporal, permite-se a utilização indiferenciada entre os termos *emoção* e *estado emocional*.

Face ao exposto, importa, em primeiro lugar, proceder à definição do objecto de estudo, neste caso, a *emoção*. De facto, não existe uma única definição de emoção, mas sim diversas propostas que normalmente variam em torno do mesmo elemento central. Deste modo o

termo *emoção* pode ser assim definido: “Estado mental com uma forte componente sentimental.”[1]; “Conjunto complexo de reacções que englobam tanto a mente como o corpo. Estas reacções incluem: uma componente subjectiva relacionada com o estado mental; um impulso para agir; e uma profunda modificação fisiológica.”[2]; “Processo automático influenciado quer pela evolução enquanto espécie e passado pessoal, no qual sentimos que algo importante para o nosso bem estar está a decorrer, pelo que desencadeamos um conjunto de reacções fisiológicas e comportamentos emocionais para lidar com o contexto que nos é apresentado.”[3]; “Emoções são reacções a eventos, agentes ou objectos, com a natureza particular de serem determinados pela forma como a putativa situação é apresentada e interpretada.”[4]. António Damásio define *emoção* de forma mais prosaica como “a interpretação do cérebro como reacção a mudanças no mundo.” e de forma mais científica como “uma colecção de respostas disparadas por diferentes partes do corpo e cérebro através de redes neuronais e hormonais.”[5].

Damásio sustenta igualmente, através da realização de sessões experimentais com pacientes com lesões em zonas específicas do cérebro, que as emoções são essenciais para os humanos, na justa medida que têm um papel vital nas acções quotidianas, nomeadamente nos processos de percepção, decisão e acção [5].

Verificado o facto da falta de definição absoluta e universal de *emoção* ou estado emocional, é com naturalidade que não exista uma clara e unificadora taxonomia neste domínio. Na verdade, constata-se uma multiplicidade de modelos que tentam, através de distintas abordagens, compilar as emoções de forma mais ou menos organizada.

Cada uma destas propostas tem por base uma visão distinta sobre a natureza do conceito de *emoção*, no entanto, todas convergem num ponto importante de que a *expressão* não é sinónimo de *emoção*. Por outras palavras, a exteriorização comportamental ou social é uma manifestação emocional mas não deverá ser encarada como equivalente a uma *emoção*.

Não obstante a variedade taxonómica, vários autores propõe a identificação dos seguintes pontos como características definidoras do conceito de *emoção* [3][6][7]:

- A *emoção* é representada por um conjunto de sentimentos que são experimentados e muitas vezes de forma consciente;
- Um episódio emocional pode ter uma duração variável;
- As *emoções* desencadeiam uma grande diversidade de variações fisiológicas;
- As *emoções* revelam os objectivos pessoais;
- As *emoções* são vivenciadas e não são passíveis de serem escolhidas;
- O acto de apreciação do meio ambiente é geralmente um processo subconsciente, exceptuando nos casos em que tal se estende por longos períodos de tempo;
- Existe um momento refractário, no qual os elementos percebidos são contrabalançados com eventos passados, dando o suporte para a experiência emocional;
- Somente após o processo de apreciação, temos a consciência da vivenciação da *emoção*, e só após este estágio nos é possível a sua reconsideração;
- Existem temas emocionais universais que reflectem a nossa história evolucionária comum, no entanto elementos culturais bem como experiências pessoais introduzem variações a este padrão comum;
- A vontade de experimentar ou evitar uma determinada *emoção* é um potente elemento motivador do nosso comportamento;

- As emoções fornecem os mecanismos necessários para uma resposta célere a situações que nos são colocadas pelo contexto em que nos inserimos;
- As emoções representam um diferencial entre o estado actual e uma linha de base;
- As emoções são espoletadas por mudanças;
- As pessoas compreendem-se na plenitude através da análise emocional interpessoal;

Esta enunciação de denominadores comuns às várias aproximações, cobrindo as perspectivas multidisciplinares que variam desde a biologia, sociologia, psicologia, neurologia até atingindo a ciência de computadores através do *affective computing*, permite a apresentação de uma definição lata de *emoção* que é suficiente para o trabalho em causa. Mais, as diferentes formalizações do conceito prevêm que este seja passível de exteriorização e que este promove uma significativa mudança fisiológica. Estes factores secundários são de extrema importância para a hipótese enunciada que defende a possibilidade da detecção de estados emocionais através da monitorização de sinais fisiológicos.

Esta definição múltipla do conceito de *emoção* conduziu, ao longo dos tempos, ao surgimento de diversas propostas quanto à sua modelação. Por outras palavras a ausência de consenso quanto à natureza e origem das emoções, conduziu à multiplicidade da sua taxonomia bem como do seu estudo, não raras vezes concorrente, por diversas áreas do conhecimento. Desta forma, é com naturalidade, que neste ponto, se apresentem diversos autores com formas distintas de metodologias de modelação emocional. De modo a limitar a lista de propostas, segue-se o princípio orientador do trabalho, pelo que apenas um subconjunto do total é descrito, cingindo-se o estudo aos modelos que sejam passíveis de ser adaptados a meios totalmente automáticos.

Porventura a aproximação mais basilar reside na identificação e listagem de emoções sem a realização de demais considerações. Este princípio foi seguido por inúmeros autores, num esforço de identificação das *emoções base*. Para que não existam perdas pela tradução, apresenta-se, de seguida, um quadro condensador das diversas propostas levadas a cabo por múltiplos autores [8]:

Tabela 1 – Lista de Emoções Base por Autor

Autor	Emoções Base
Plutchik [9]	Acceptance, anger, anticipation, disgust, joy, fear, sadness, surprise
Arnold	Anger, aversion, courage, dejection, desire, despair, fear, hate, hope, love, sadness
Ekman, Friesen, Ellsworth [10]	Anger, disgust, fear, joy, sadness, surprise
Frijda [11]	Desire, happiness, interest, surprise, wonder, sorrow
Gray [12]	Rage and terror, anxiety, joy
Izard [13]	Anger, contempt, disgust, distress, fear, guilt, interest, joy, shame, surprise
James [14]	Fear, grief, love, rage
McDougall [15]	Anger, disgust, elation, fear, subjection, tender-emotion, wonder
Mowrer [16]	Pain, pleasure
Oatley and Johnson-Laird [17]	Anger, disgust, anxiety, happiness, sadness
Panksepp [18]	Expectancy, fear, rage, panic
Tomkins [19]	Anger, interest, contempt, disgust, distress, fear, joy, shame, surprise
Watson [20]	Fear, love, rage
Weiner and Graham [21]	Happiness, sadness

Esta aproximação linear foi potenciada, segundo Parrot, a um nível seguinte através da sua classificação taxonómica em árvore, em três níveis hierárquicos. Originalmente, esta proposta

tem por base a forma como os humanos percebem as emoções e as categorizam de forma a melhor reagirem quando com elas confrontados. Este método de classificação em árvore encontra-se descrito através do quadro seguinte. Uma vez mais é opção manter os termos originais em alternativa à sua tradução de forma a não corromper o sentido original proposto pelo autor [22].

Tabela 2 – Categorização de Emoções em Árvore

Emoção Primária	Emoção Secundária	Emoção Terceária
Love	Affection	Adoration, affection, love, fondness, liking, attraction, caring, tenderness, compassion, sentimentality
	Lust	Arousal, desire, lust, passion, infatuation
	Longing	Longing
Joy	Cheerfulness	Amusement, bliss, cheerfulness, gaiety, glee, jolliness, joviality, joy, delight, enjoyment, gladness, happiness, jubilation, elation, satisfaction, ecstasy, euphoria
	Zest	Enthusiasm, zeal, zest, excitement, thrill, exhilaration
	Contentment	Contentment, pleasure
	Pride	Pride, triumph
	Optimism	Eagerness, hope, optimism
	Enthrallment	Enthrallment, rapture
	Relief	Relief
Surprise	Surprise	Amazement, surprise, astonishment
Anger	Irritation	Aggravation, irritation, agitation, annoyance, grouchiness, grumpiness
	Exasperation	Exasperation, frustration
	Rage	Anger, rage, outrage, fury, wrath, hostility, ferocity, bitterness, hate, loathing, scorn, spite, vengefulness, dislike, resentment
	Disgust	Disgust, revulsion, contempt
	Envy	Envy, jealousy
	Torment	Torment
Sadness	Suffering	Agony, suffering, hurt, anguish
	Sadness	Depression, despair, hopelessness, gloom, glumness, sadness, unhappiness, grief, sorrow, woe, misery, melancholy
	Disappointment	Dismay, disappointment, displeasure
	Shame	Guilt, shame, regret, remorse
	Neglect	Alienation, isolation, neglect, loneliness, rejection, homesickness, defeat, dejection, insecurity, embarrassment, humiliation, insult
	Sympathy	Pity, sympathy
Fear	Horror	Alarm, shock, fear, fright, horror, terror, panic, hysteria, mortification
	Nervousness	Anxiety, nervousness, tenseness, uneasiness, apprehension, worry, distress, dread

No entanto, esta aproximação baseada na listagem simples ou mesmo a sua categorização em diversos níveis hierárquicos não permite a sua adopção para o trabalho em causa, uma vez que não existe uma clara e inequívoca quantificação numérica das emoções identificadas. Deste modo, importa referir modelos alternativos que contemplem, de uma ou outra forma, a introdução de variáveis numéricas ou disposição geométrica dos estados emocionais.

Neste domínio importa salientar o trabalho proposto por Russell que propõe a disposição das diversas emoções num modelo circunplexo, de forma bidimensional em torno de dois eixos complementares, tal como exposto através da Ilustração 1[23]. Este modelo tem a particularidade de associar a cada emoção uma zona, ainda que de definição difusa, num plano cartesiano definido por dois eixos coordenados afectos a duas variáveis quantificáveis: *arousal* e *valence*.

Verifica-se, ainda, que a interpretação destes eixos é possível de forma praticamente directa, uma vez que o eixo horizontal pode ser interpretado como uma sensação de *prazer* no seu sentido lato, podendo ser positiva ou negativa; ao passo que o eixo vertical está associado ao nível experimentado de *excitamento* ou *entusiasmo*, sendo este positivo se superior ao estado *neutro* e negativo no caso complementar.

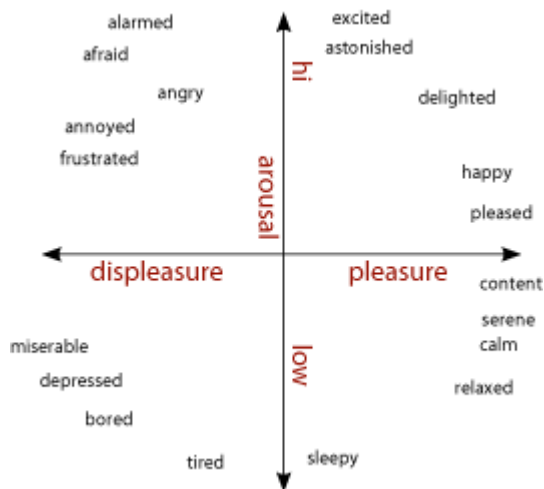


Ilustração 1 - Modelo Circunplexo de Russell

No entanto, já três anos antes, Russell propunha a existência de um modelo tridimensional que previa existência de uma terceira dimensão – *dominance* – que permitiria dispor as emoções num universo tridimensional [24]. Este eixo estaria associado à interpretação dos estímulos exteriores como dominantes sobre o indivíduo ou, pelo contrário, se estes potenciariam a sensação de domínio do sujeito sobre o meio ambiente. Por outras palavras, esta variável tenta medir o grau de *controlo* e posição hierárquica do indivíduo perante a situação, podendo ser esta de *controlo* ou *submissão*, bem como assumir as posições intermédias.

Não obstante a validade da proposta desta terceira dimensão para a teoria da modelação emocional, subsiste ainda a falta de unanimidade quanto a este tema, sobretudo na forma consensual de como distribuir as diferentes emoções pelo espaço. Mais, enquanto que os eixos de *valence* e *arousal* são razoavelmente livres de interpretação cultural, sendo predominantemente universais à condição humana, já os valores de *dominance* perante uma dada situação são extremamente susceptíveis de influência cultural, social e educacional, visto que um dado contexto pode ser interpretado de diversas formas, sob o prisma do *controlo* ou *domínio*. Como exemplo prático desta afirmação, podemos considerar o contexto descrito como um casamento poligâmico: na sociedade ocidental é encarado como um acto de submissão feminino absolutamente inaceitável, ao passo que na cultura islâmica, tal é visto com completa naturalidade e cumprimento de dever de normas sociais e religiosas. No

entanto, não se trata de exemplo único e múltiplos outros podem ser encontrados nos mais diversos domínios.

Esta proposta de utilização de uma noção cartesiana para a classificação e disposição das emoções foi também apresentada por Mehrabian, inicialmente através de trabalho conjunto com Russell [24], e mais tarde aprofundado, constituindo o modelo tridimensional PAD [25][26]. Esta aproximação é em tudo semelhante ao anteriormente descrito, com a sua extensão a uma terceira dimensão. O modelo consiste na definição de três eixos independentes que são usados para a medida e especificação de estados emocionais. As variáveis que controlam os eixos podem ser descritas como *pleasure-displeasure*, *arousal-nonarousal*, e *dominance-submissiveness*. A primeira descreve o impacto positivo ou negativo do estado emocional em causa, a segunda refere-se à combinação de actividade física com alerta mental, e a terceira é definida em termos de verificação de controlo sobre a situação *versus* a sua ausência. Pese embora a referência anterior às dificuldades de utilização da terceira dimensão de *dominance* para a efectiva classificação emocional, tal pode ser ultrapassada se utilizada em domínios fechados e controlados, tais como o estudo de Yani-de-Soriano e Foxall demonstra a sua aplicação no estudo de padrões de consumo em ambientes de retalho [27].

Pese embora a validade da proposta apresentada do modelo PAD, este encontra-se de sobremaneira orientado para a definição de oito zonas emocionais primárias associadas à definição binária de cada eixo. Por exemplo o estado de $(+P+A+D)$ refere-se a um estado de exuberância em que todos o estado emocional se encontra nas zonas positivas de todos os eixos, revelando um estado de exuberância triunfante, ao passo que a zona associada à ansiedade deve ser definida por $(-P+A-D)$. Não obstante exista a possibilidade de se proceder a uma definição contínua das variáveis através de um intervalo normalizado individual $[-1,1]$, criando um espaço contínuo, carece o modelo de proposta de uma clara identificação da localização de todos os estados emocionais. Concomitantemente, os problemas relacionados com a universalidade da utilização do terceiro eixo permanecem por resolver.

Numa tentativa de simplificação e universalização do processo de classificação, Watson e Clark, propõem uma versão reduzida, ao longo de um único eixo de um modelo de classificação emocional baseado unicamente no deslocamento dos estados emocionais ao longo da sua percepção como tendo um cariz *positivo* ou *negativo*, dando origem ao modelo PANAS [28]. Diversos estudos com propostas de escalas relacionadas com *positive affect* e *negative affect* tinham já sido propostas no passado, no entanto careciam de uma objectiva formulação ou verificava-se a ausência de suportes de validação claros [29][30]. Partindo da existência de sessenta descritores de estados emocionais [31], os autores realizaram um corte substancial para apenas dez descritores para *PA* e outros tantos para *NA*, criando um modelo não só aceite como inteligível e praticável. No entanto este modelo é primariamente útil para a distinção de longos estados afectivos positivos ou negativos, sendo o seu domínio de excelência a detecção e tratamento de estados depressivos ou eufóricos, não sendo especialmente versátil para o processo de classificação universal de estados emocionais, pois encontra-se extremamente concentrado na distinção de sentimentos positivos e negativos.

Por fim, refere-se a abordagem geométrica e complementar de Plutchik através da sua *Roda das Emoções* [9], patente através da Ilustração 2. Trata-se de um mecanismo intermédio entre a listagem simples ou categorizada de emoções e a sua disposição num espaço ou plano contínuos. O autor propõe a definição de uma roda de emoções onde é visível a listagem já

enunciada das emoções base e a forma se procede à sua composição de forma a dar origem a emoções de *ordem superior*.

O eixo vertical representa a intensidade das emoções ao passo que a componente circular representa o grau de similitude entre as emoções, constituindo quatro pares de emoções duais. A composição de emoções encontra-se ilustrada nos espaços em branco, sendo que, por exemplo, o *optimismo* é resultado da conjugação de *alegria* e *antecipação*, sendo o seu oposto o *desapontamento*. Esta planificação é passível ainda de uma reconstrução tridimensional, assemelhando-se a um cone, aliás como igualmente visível através da Ilustração 2. No entanto, e tal como referido anteriormente, pese embora a importância da contribuição da proposta descrita, carece-lhe a formalização objectiva quantificável dos diferentes estados emocionais, sendo a sua disposição bi e tridimensional meramente indicativa sendo mais importante a posição relativa de uma determinada emoção face às restantes do que propriamente o seu posicionamento absoluto.

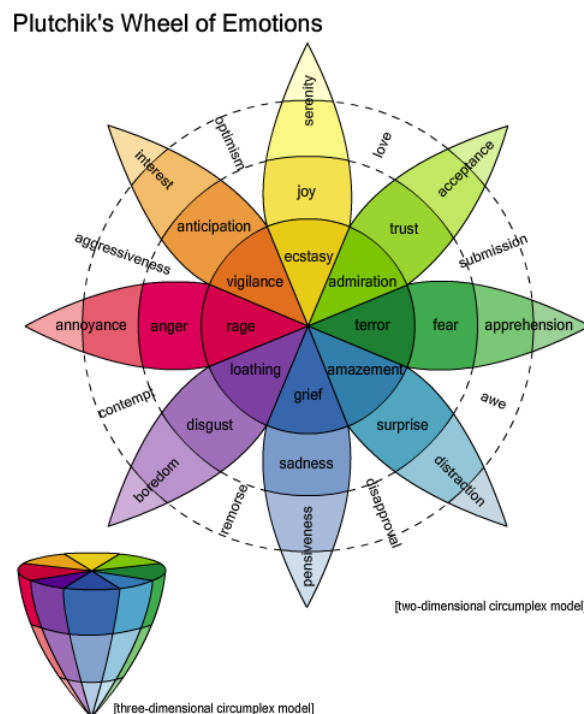


Ilustração 2 – Roda das Emoções de Putchik

Face à multiplicidade de propostas de definição do conceito de *emoção*, bem como das diversas metodologias da sua taxonomia e processo de classificação, importa salientar que para o propósito do trabalho em causa, é vital a coexistência dos seguintes factores para o sucesso da escolha de adopção de um determinado modelo:

- Continuidade: para efeitos do processamento de classificação emocional automático, importa que o modelo a adoptar seja completamente computável, permitindo um mapeamento entre os dados biométricos recolhidos e os parâmetros do modelo emocional sobre o qual o procedimento irá correr;
- Inteligibilidade: importa que a definição de emoção bem como o princípio regedor do modelo de classificação bem como o seu mecanismo de funcionamento seja inteligível de forma a que os utilizadores finais consigam fácil e imediatamente perceber qual o estado emocional que o sistema informa;

- **Universalidade:** atendendo aos múltiplos contextos-alvo do trabalho em causa, é relevante que as opções tomadas a este nível não se revelem limitadoras quanto aos domínios abordados. Por outras palavras, pretende-se que o modelo seja universalmente aceite e aplicável em diversos ambientes.

Na justa medida dos princípios basilares expostos, para efeitos do trabalho relacionado com o protótipo *BioStories*, procedeu-se à eleição do modelo circunflexo de Russell como o adoptado não só para o mapeamento das emoções, como também para a visualização do *output* do processo de classificação emocional, tendo-se adoptado a definição do conceito na sua vertente mais ampla, como factor essencial à condição humana com profundas manifestações físicas e psicológicas, permitindo assim, a abordagem pela via da leitura biométrica como método de inferência emocional.

2.2 Métodos de Indução e Classificação de Estados Emocionais

Uma vez enquadrados os conceitos fulcrais ao trabalho apresentado, nomeadamente as questões relacionadas com a definição de *emoção* e o modelo taxonómico que permita a identificação dos diversos estados emocionais, especialmente atendendo à índole e objectivos do *BioStories*, torna-se essencial a dedicação de um ponto do estudo do *estado da arte* às metodologias de indução e classificação de estados emocionais.

Existem dois pontos prévios vitais para a correcta compreensão da presente secção: o primeiro centra-se na completa distinção e propósito entre o processo de indução emocional e o seu homólogo dedicado à sua classificação; o segundo prende-se com a diferenciação do binómio eficiência e eficácia das metodologias descritas. Por outras palavras, para o trabalho em causa, especialmente nos seus primeiros estádios, é essencial a implementação de um processo capaz de induzir um determinado estado emocional, ou pelo menos enquadrar o sujeito numa específica *zona* emocional. Deste modo, torna-se necessário a definição de um mecanismo dinâmico que permita proporcionar uma evolução orientada do estado emocional do participante da sessão experimental. O segundo ponto enunciado consiste na inequívoca distinção entre a eficiência e a eficácia dos processos adoptados, uma vez que eventuais aplicações práticas do trabalho descrito ao longo do presente documento, são passíveis de não se coadunarem com determinados requisitos de alguns mecanismos. Exposto de outra forma, é necessário definir um claro compromisso entre a completude e eficiência das soluções disponíveis para que estas possam ser efectivamente e eficazmente aplicadas nos diversos contextos identificados como alvos do projecto.

Tendo estas duas áreas complementares sido completamente definidas, importa, neste momento, proceder à identificação dos requisitos do trabalho de forma a que os projectos relacionados descritos de seguida sejam devidamente enquadrados para que as opções tomadas sejam *ad initium* devidamente justificadas. Deste modo, e tal como já sumariamente referenciado no ponto anterior, verifica-se a necessidade da existência de um processo de classificação totalmente automático, idealmente contínuo, sendo que a tese em defesa consiste que este processo seja inteiramente baseado em leituras biométricas realizadas em tempo-real. Por outro lado, o objecto de estudo consiste, igualmente na disponibilização de conteúdos multimédia contextualizados com os estados emocionais detectados, pelo que o processo de indução emocional deverá privilegiar aqueles estudos que elejam elementos multimédia não supervisionados como instrumento principal.

Não obstante a enumeração dos requisitos necessários para a aplicação das metodologias no presente trabalho, importa, nesta secção proceder à identificação referenciada bem como à sumária descrição de trabalhos relacionados que podem extravasar os limites impostos pelas condições expostas. Esta opção mais abrangente justifica-se com a necessidade de enquadrar devidamente o *BioStories* bem como identificar claramente as mais actuais linhas de investigação, ainda que, no presente momento, a sua aplicação possa não ser directa, no entanto várias das suas opções poderão ser recuperadas e readaptadas tendo como objectivo a concretização do objectivo em teste com o presente trabalho. Deste modo, os parágrafos subsequentes são dedicados à exposição dos diferentes processos de indução emocional estudados bem como dos trabalhos analisados que visem a definição de metodologias de classificação emocional.

Deste modo, e confirmando muitas das suposições que o *Senso Comum* indica, diversos estudos têm vindo a demonstrar a existência de uma forte correlação entre variáveis ambientais relativamente inócuas e o esboçar ou acentuar determinados estados emocionais.

Nesta linha, a determinação ou indução de uma expressão facial específica junto de um determinado indivíduo foi demonstrado como uma forma viável de acentuar determinados estados emocionais [32]. Por outras palavras, por exemplo, induzir alguém a esboçar um sorriso, tende a ter um efeito prático do aumento do seu nível de *pleasure*, ao invés o acto de *fechar* o rosto tem um efeito recíproco.

Estas formulações relativas às expressões faciais foram igualmente transpostas para a postura corporal. Os estudos dos mesmos autores [32] sugerem exactamente este ponto uma vez que determinadas posições corporais estão normalmente associadas a estados emocionais reconhecíveis tais como medo, raiva ou tristeza. Numa pesquisa anterior [33], demonstrou-se reacções de desespero e *stress* como resposta a manipulações da postura corporal. As actividades experimentais constataram que reacções de *stress* ocorriam de facto de forma praticamente simultânea com a adopção de uma postura de debruçamento posterior, desde que um factor externo potencie esta acção, agindo como catalisador.

Ainda no contexto de actividades que podem ser potenciadas pelos próprios, diversos autores defendem que determinados padrões respiratórios podem estar associados a determinadas emoções [34] bem como demonstram que é possível o desencadeamento de estados emocionais específicos através da reprodução de determinados padrões de respiração [35]. Pese embora estes padrões tenham um carácter subjectivo, são específicos e consistentes com os encontrados no primeiro estudo. Deste modo, os padrões identificados no primeiro são usados no segundo trabalho onde foi pedido aos participantes a reprodução dos padrões de respiração sem que estes soubessem o objectivo do procedimento. Ainda assim foi possível a verificação de uma forte correlação entre o ritmo respiratório e os estados emocionais previamente definidos como alvo.

Relativamente a elementos externos ao indivíduo, importa referir o papel da temperatura corporal como uma componente importante na associação a estados emocionais [36][37]. Por exemplo, verifica-se uma forte relação entre a temperatura da pele e os estados emocionais potenciados por uma peça musical [38]. A relação de causalidade, neste caso, é inferida no sentido directo entre a experimentação de uma emoção a correspondente resposta fisiológica, no entanto a relação inversa é igualmente verificada, especialmente no estudo realizado na relação entre a temperatura e a agressividade [39]. A hipótese formulada, e parcialmente comprovada pelas actividades experimentais conduzidas, consiste em que o desconforto

provocado por ambientes excessivamente quentes aumentam as tendências agressivas de quem está exposto. Mais recentemente, idêntica relação, desta feita em relação a ambientes com temperaturas reduzidas, ficou igualmente demonstrada, no entanto com um efeito consideravelmente menos pronunciado [40].

Num domínio mais tecnológico, a existência de mecanismos de *feedback* tátil através, por exemplo, de mecanismos vibratórios, é igualmente um elemento indutor ou de reforço de estados emocionais. Esta aproximação pode, igualmente, ser utilizada como um mecanismo de comunicação de informação, através de dispositivos tácteis integrados em vestuário [41]. Pese embora as actuais aplicações deste tipo de tecnologia não tenham como alvo a verdadeira indução de estados emocionais, os estudos centram-se na problemática da transmissão de informação relativa a estados emocionais, entre humanos, por esta via [42][43][44]. Numa perspectiva mais interessante para o contexto em discussão, o projecto *Hapticat* foi desenvolvido tendo em vista o estudo da relação entre o toque e o afecto [45], culminando num produto, pode ser descrito como um animal de estimação *conceptual* que comunica os seus estados emocionais através de diversos comportamentos. Muito embora os sujeitos experimentais terem sido capazes de distinguir as diferentes emoções bem como a sua interacção variava de forma coerente, os resultados não foram conclusivos quanto à implícita indução emocional.

O *feedback* tátil pode ser utilizado para a indução emocional de uma forma bastante mais específica e assertiva, nomeadamente através da influência do ritmo cardíaco. Diversas investigações apontam para o facto que uma falsa informação acerca do ritmo cardíaco tem um potencial efeito sobre a resposta emocional dos sujeitos [46][47][48], mesmo nos casos em que este *feedback* é ignorado [49]. Pese embora a maioria dos estudos não demonstre que as falsas informações conduzem a uma variação real do ritmo cardíaco, as conclusões extraídas apontam para que a interpretação emocional pode contudo ser influenciada a partir dos dados enviados. Não é conhecido, no entanto, qual o processo que desencadeia esta interpretação, nem quais os mecanismos fisiológicos associados, apenas se constata a verificação do efeito descrito.

Um ponto particularmente importante no processo emocional concentra-se no fenómeno da sudção, mormente na sudção das palmas das mãos. A medida da sudção pode ser extraída através da conductância da pele, ou pelo seu inverso, a sua resistência, na justa medida em que quantidades maiores de suor providenciam uma melhor conductância da pele à electricidade e logo, uma menor resistência. Diversos estudos vieram já demonstrar a extraordinária correlação entre variações desta medida como indicador de resposta emocional, especificamente relacionando-a com níveis de ansiedade. No entanto, nesta secção é mais interessante a questão da indução do que a detecção emocional, pelo que o ponto a focar é o estudo que demonstra que o *suor emocional* não se encontra cingido às palmas das mãos ou pontas dos dedos, mas ocorre em diversas outras partes do corpo [50].

Por fim, para concluir a descrição de factores contextuais ou ambientais que podem influenciar ou induzir determinados estados emocionais, importa referir a correlação entre odores e emoções. Na verdade, este factor tem uma influência bastante mais intensa que qualquer outro sentido, uma vez que se verifica a existência de uma ligação estreita entre os mecanismos responsáveis pelo olfacto e a zona do cérebro responsável pela *memória emocional* [51][52]. O resultado destes estudos indicam que os odores *certos* podem ter interpretações pessoais, invocando associações emocionais, influenciar a disposição geral, estados emocionais e aptidão geral dos sujeitos. Exemplos práticos afirmam a demonstração

destes factores em crianças que aprenderam a associar determinados odores a situações de insucesso [51] bem como a influência de determinadas fragrâncias a estados emocionais em elementos do sexo feminino [53]. Na verdade, o sentido do olfacto humano é bem mais evoluído do que a experiência consciente permitiria deslumbrar, uma vez que se demonstrou são capazes da distinção de estados emocionais relacionados com o medo ou alegria meramente através da análise do odor corporal de outrem [54].

Numa perspectiva diferente, porém complementar, encontramos as metodologias de investigação baseadas no conteúdo em vez da manipulação de variáveis de ambiente. Neste capítulo é de referir a existência de uma gradação do grau de envolvimento *versus* automatismo e generalidade dos processos. No entanto, importa, em primeiro lugar, realizar uma primeira grande distinção referente a esta taxonomia em especial, especificando a diferenciação entre os processos baseados na apresentação de conteúdos desenhados para proporcionar um impacto emocional; o seu prolongamento para cenários interactivos informatizados ou tradicionais; administração de fármacos e as técnicas de *imaginação* através da narrativa de episódios pessoais ou recriação de estórias ou determinados contextos.

Iniciando a descrição do trabalho relacionado, precisamente pela primeira abordagem, importa realizar a diferenciação entre a complexidade do conteúdo alvo de apresentação, uma vez que estes estímulos podem consistir em imagens paradas, excertos musicais, sequências de vídeo ou ainda cenários virtuais. Neste domínio os trabalhos mais significativos baseiam-se, na apresentação estruturada de imagens, sendo que o *International Affective Picture System* com a sua *IAPS Library* constitui um importante repositório de fotografias catalogadas emocionalmente através de uma exaustiva camada de metadados emocionais através da sua representação no modelo tridimensional de Russell com os eixos já referidos de *valence*, *arousal* e *dominance* [55]. Uma vez que este catálogo de seiscentos e quatro elementos foi alvo de utilização e adaptação em diversos estados do desenvolvimento do protótipo, a sua descrição mais pormenorizada é relegada para os capítulos respectivos, nomeadamente os pontos 4.2.1 e 4.2.3. Não obstante este diferimento da descrição pormenorizada, importa nesta fase, referir que os autores procuraram proceder à catalogação das imagens, utilizando o modelo dimensional já referido, propondo uma escala de classificação emocional em que os sujeitos experimentais têm um papel preponderante. Neste domínio, apresenta-se o sistema denominado *SAM – Self Assessment Manikin* – que é baseado na gradação das três dimensões já referidas, tal como exposto através da Ilustração 3. Nesta metodologia, os sujeitos que participam nas sessões experimentais são convidados a classificar cada imagem que lhes foi apresentada de acordo com a escala discreta de 1 a 9 para as três dimensões analisadas. Os resultados são então compilados e os valores médios a par dos respectivos desvios padrões são discriminados para cada conteúdo e por género dos participantes de forma a que a *IAPS Library* possa ser utilizada em projectos de investigação nesta temática como uma biblioteca pré-compilada de conteúdos catalogados de acordo com estados emocionais. A distribuição dos conteúdos desta biblioteca pelo espaço bidimensional *valence/arousal* é o apresentado através da Ilustração 4, sendo os resultados expostos para toda a população e com distinção clara entre indivíduos do sexo masculino e do sexo feminino.

No mesmo contexto, no entanto com vertentes significativamente distintas, encontramos os trabalhos de Ohman [56] e Ekman [57], sendo o primeiro especificamente orientado para a indução de estados emocionais relacionados com a ansiedade e o medo, uma vez que o catálogo apresentado incide sobre cobras, aranhas e expressões faciais associadas a estados de excitação. O segundo projecto pretende proceder a uma catalogação exaustiva de expressões

faciais de indivíduos caucasianos e asiáticos com o duplo intuito de proporcionar uma base de dados para indução emocional e reconhecimento automático de emoções através de exemplos pré-catalogados. Verifica-se a importante particularidade que neste estudo, cada indivíduo surge apenas uma única vez, para uma única emoção, não sendo reutilizada a sua face para a demonstração de outros estados emocionais de forma a não se verificar uma correlação entre os traços fisionómicos e as emoções expressas.

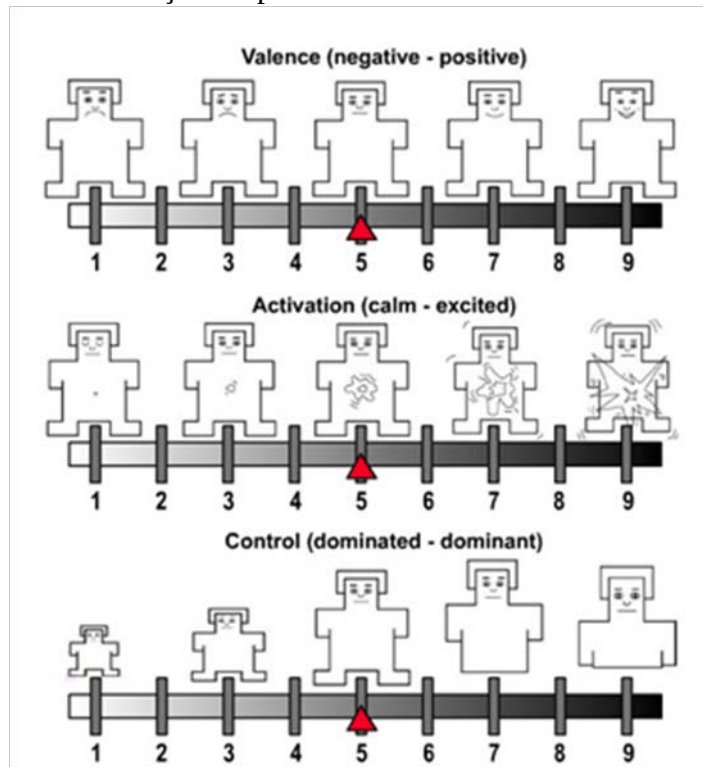


Ilustração 3 – Metodologia de Gradação Emocional SAM

A utilização de conteúdos multimédia mais ricos é igualmente utilizada, sendo importante realizar a distinção entre o recurso a sons e a música. Enquanto que a primeira abordagem é mais simples, visando a criação de ambientes confortáveis ou desagradáveis, de forma relativamente linear, a segunda constitui um estímulo mais complexo e portanto passível de ser utilizada para almejar categorias emocionais específicas, tais como diversos estudos apontam [58][59]. Pela mão dos mesmos autores do repositório *IAPS*, surge o catálogo *IADS* [60] acrónimo de International Affective Digitalized Sounds, com o mesmo intuito e forma da versão de imagens, contudo com uma panóplia de elementos mais limitada, sendo contemplados apenas 111 sons catalogados de forma emocional, segundo o mesmo método já objecto de exposição. Deste modo, e no seguimento do que seria de esperar, a utilização de excertos musicais assume-se como uma metodologia válida para a indução de estados emocionais de forma bastante abrangente relativamente ao espectro emocional considerado.

Seguindo a linha orientadora do enriquecimento dos conteúdos multimédia, a apresentação de estímulos audiovisuais surge como o próximo passo lógico, sendo que a sua maior profundidade permite a definição de estados emocionais mais complexos e específicos que os domínios anteriores. A maioria destes catálogos congrega excertos de obras cinematográficas relativamente conhecidas, pelo que a sua validade do ponto emocional encontra-se, à partida, validada pela sua incorporação na cultura popular. Neste domínio o esforço deverá ser concentrado na definição do catálogo do ponto de vista da contemplação de zonas de indução

neutras [61]. No entanto, este processo é, de facto, bastante similar à metodologia apresentada para os conteúdos visuais estáticos, sendo que os principais desafios surgem quando se verifica a necessidade de proceder ao encadeamento de conteúdos de forma a que não se perca o fio condutor da narrativa [62]

Face ao exposto, e às diferentes e diversas técnicas e metodologias de apresentação de estímulos emocionais baseados em conteúdos multimédia de complexidade variável, importa salientar que a indução de estados emocionais relativamente simples é razoavelmente independente de factores pessoais ou culturais uma vez que se faz o apelo a condições humanas universais tais como a *felicidade*, o *medo* ou a *tristeza*. No entanto, a indução de estados emocionais mais complexos e/ou a opção por conteúdos mais ricos, acarreta a incorporação de elementos culturais e educacionais que podem influenciar os resultados pretendidos.

Considerando a aproximação mais tradicional, importa mencionar os trabalhos na área da recriação física e/ou psicológica de histórias ou ambientes emocionais familiares. Deste modo, há que referir as actividades relacionadas com exercícios de memória livre ou condicionada, nas quais, os sujeitos experimentais são convidados a relembrar ou *reviver* uma determinada situação passada vivenciada pelos próprios [63]. Ainda neste campo, esta abordagem pode sofrer menores adaptações de forma a que a experiência seja guiada através da leitura ou escuta de histórias orientadas a espoletar uma determinada emoção ou estado emocional.

Normalmente, estas sessões experimentais são conduzidas por um actor de forma a potenciar a carga dramática do conteúdo, sendo que os relatos tendem a descrever com exactidão o que as personagens – instanciadas no ouvinte – devem pensar, sentir ou fazer numa dada situação [64]. Estas metodologias são variantes da técnica de Velten, que propôs inicialmente a leitura na primeira pessoa de sessenta frases progredindo desde conteúdos relativamente neutros para elementos profundamente depressivos ou, por outro lado, eufóricos [65].

Num domínio complementar, podemos encontrar a definição da constiuição de cenários ou contextos pré-definidos, nos quais os sujeitos experimentais são inseridos, sendo que estes podem ser realizados na presença de outros humanos em ambientes reais, ou de forma análoga aos conteúdos multimédia, representar ambientes virtuais. Relativamente ao primeiro tipo, a metodologia típica centra-se na reprodução de uma determinada situação, de acordo com o estado emocional a induzir [66], tendo como exemplos a condução de oratória em público ou o anúncio de um simulacro de sismo. Na área dos ambientes virtuais, encontramos inúmeros exemplos *ad hoc*, sendo que o importante nesta metodologia é a clara definição *a priori* dos mecanismos existentes que permitam a condução emocional do utilizador. Considerando um vulgar jogo de computador, os elementos a controlar poderiam ser os eventos sonoros, a fiabilidade dos controlos bem como o grau de dificuldade do mesmo, fazendo com que a hábil manipulação destes factores, ainda que realizada manualmente por um supervisor externo, alcança-se a definição de contextos emocionais específicos [67][68]. Uma abordagem num nível seguinte pode ser dado através da completa definição, de forma autónoma, destes contextos através de modelos emocionais específicos, sendo que, desta feita, os conteúdos, pese embora estáticos, encontram-se definidos de forma a providenciar um contexto específico para a indução de um determinado conjunto de reacções emocionais [69].

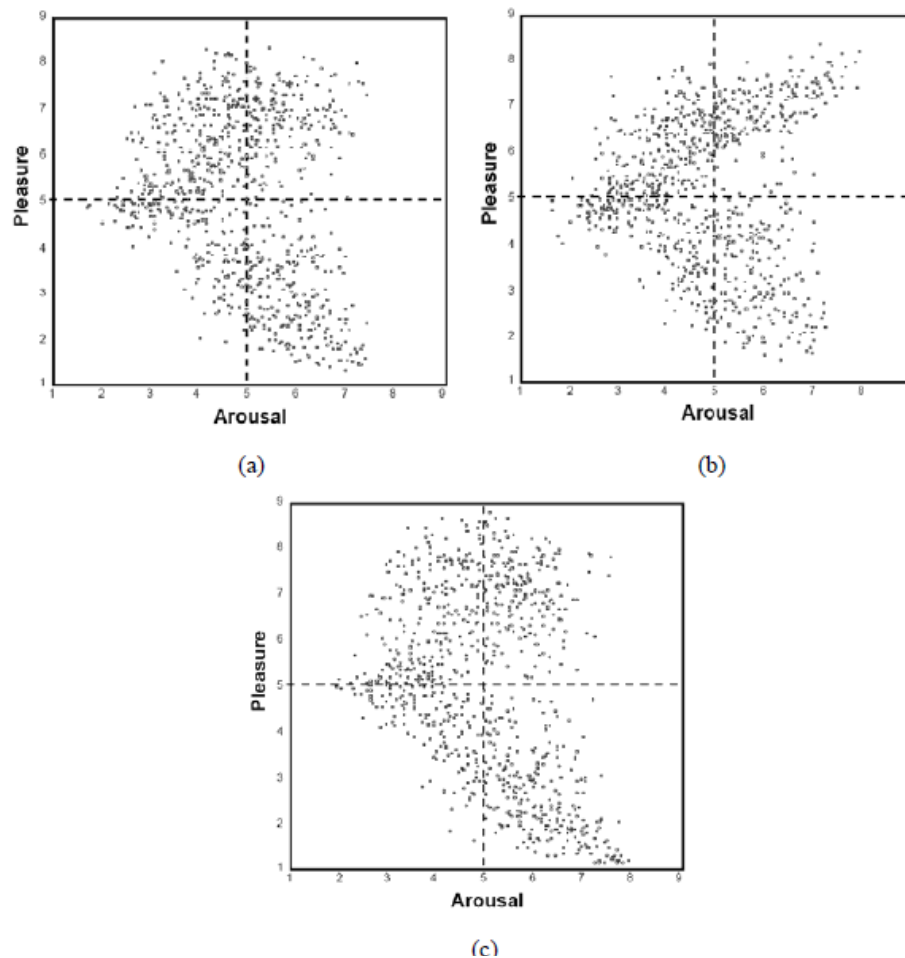


Ilustração 4 – Distribuição do Espaço Afetivo dos conteúdos da IAPS Library (a) Todos os Participantes (b) Sexo Masculino (c) Sexo Feminino

Numa perspectiva completamente diferente, cuja aplicação prática não pode ser considerada para os efeitos do trabalho, mas que deve ser referida a bem da completude da análise das possibilidades de indução emocional, importa salientar a bem documentada utilização de fármacos para a supressão ou indução de determinados estados emocionais, especialmente os esforços realizados no campo da depressão crónica e da ansiedade [70][71].

Face ao exposto, e de forma prévia à exposição das metodologias de classificação emocional, importa salientar quais os princípios regedores da linha de investigação presente relativamente aos processos de indução de estados emocionais. Desta feita, recordando o propósito fulcral do *BioStories*, o processo de indução emocional é acessório na sua fase final, no entanto torna-se vital para as suas fases iniciais, mormente para o estudo dos processos de manifestação biométrica das emoções. Assim, torna-se necessário a eficiente condução de cenários indutores de estados emocionais pré-determinados, de forma a providenciar uma plataforma de testes eficaz para o estudo de resposta emocional. De forma complementar, e antevendo a aplicação final do trabalho descrito, importa que os ambientes multimédia gerados tenham efectivo impacto emocional de forma a provocar oscilações mensuráveis para o processo de classificação em tempo-real. Desta feita, todas as abordagens envolvendo a recriação física de contextos ou ambientes tem de ser, para o efeito do trabalho, desconsideradas, bem como as técnicas apresentadas de imaginação ou declamação de frases ou estórias.

De igual forma, a metodologia baseada na alteração *forçada* de expressões faciais não é de todo aplicável, bem como a administração de fármacos indutores de determinados estados emocionais. Deste modo, e tendo presente o cerne do trabalho, a opção de investigação, no domínio da indução emocional centra-se na apresentação de conteúdos multimédia, iniciando-se o estudo pela adaptação da metodologia da *IAPS Library*, evoluindo para o seu enriquecimento através da definição de conteúdos audiovisuais completamente controláveis, pelo que a opção recai sobre a geração de ambientes virtuais de forma a providenciar contextos diversos porém completamente controláveis a custos reduzidos.

Relativamente ao processo de classificação emocional, importa realizar uma primeira referência à extrema dinâmica desta temática, o que, por um lado demonstra o fascínio que este domínio exerce sobre diversos intervenientes globais, e por outro caduca a breve prazo a validade do esforço da elaboração do estudo do estado da arte. Por este facto, as referências agora objecto de descrição, são, em boa medida substancialmente diferentes das realizadas no início do trabalho no ano de dois mil e seis. Deste modo, e ao contrário dos restantes pontos e do habitual, este projecto primou pela celeridade da implementação das soluções adoptadas ao invés da sua tradicional maturação, sob pena das contribuições alcançadas e descritas perderem actualidade.

Face ao exposto, e na continuidade da corrente secção, importa salientar, em primeiro lugar, a clara distinção entre o conceito de reconhecimento emocional em humanos numa perspectiva tradicional e/ou computacional. Estas duas abordagens podem não ser necessariamente antagónicas, no entanto, o que se pretende neste trabalho é atingir o objectivo da classificação automática de estados emocionais pelo que qualquer abordagem terá, mandatoriamente, de ser totalmente computável e automatizada, sem qualquer intervenção de especialistas humanos. Tendo presente este princípio basilar, a descrição dos processos de classificação emocional serão extremamente orientados para as propostas de reconhecimento emocional que sejam total ou parcialmente computáveis sendo que se procede à sua categorização em três grandes níveis: abordagens baseadas na emulação da metodologia humana; recurso a canais médicos de granularidade fina e elevada especialização; e utilização de canais biomédicos de acesso generalizado.

Relativamente ao primeiro domínio, a ideia base que preside a diversos estudos é a replicação dos processos conduzidos consciente ou subconscientemente pelos humanos na avaliação emocional que realizam diariamente entre pares. Para o efeito são consideradas três fontes de dados complementares entre si, a saber: análise de expressão facial; exame do discurso quanto à forma e conteúdo; e finalmente estudo da expressão corporal [72]. A análise da expressão facial é, porventura, a metodologia mais tradicional na temática da inferência de estados emocionais humanos, sendo possível identificar inúmeros estudos na área. Não obstante este facto, importa salientar a necessidade da aliança entre os fundamentos das ciências sociais e a ciência da computação de forma a produzir trabalhos que visem o processamento automático dos dados. Deste modo, é com naturalidade que o processamento de imagem surja como a forma mais óbvia de alcançar este propósito [73][74].

No entanto, e tal como já discutido anteriormente, aquando da descrição das metodologias de indução emocional, a abordagem por esta via pode resultar em conclusões falsas pela possibilidade de manipulação intencional das expressões faciais com o propósito de demonstrar estados emocionais diversos dos realmente sentidos. Como alternativa ao tradicional processamento de imagem, no entanto, com as mesmas limitações de base,

encontram-se soluções de equipamentos que visem a identificação de expressões faciais em tempo real por via da miniaturização do *hardware* [75].

De forma a complementar as abordagens descritas, e tal como enunciado anteriormente, a evolução natural da emulação do processo humano, consiste na análise do discurso oral, quer na sua vertente da mensagem transmitida, quer ao nível dos aspectos secundárias da comunicação, tais como a entoação, volume e fluidez [76]. Este processo de avaliação pode ser complementado através da análise da postura corporal [77] bem como dos movimentos e gestos realizados [78]. Pese embora diversas propostas neste sentido terem sido realizadas, importa salientar que a panóplia de estados emocionais identificados através desta análise é, invariavelmente, parca, quando comparada com outras metodologias. Tal como descrito anteriormente, melhores resultados são alcançados através da conjugação dos diversos canais, aliás, tal como os humanos realizam de forma empírica, não se limitando à análise individual de cada um dos componentes das expressões faciais, discurso e postura.

Num segundo domínio, encontramos as abordagens baseadas em elementos clínicos, aliás tirando partido das propostas de definição de emoções pela via fisiológica. Neste ponto, identificam-se duas técnicas principais que, no entanto se baseiam na monitorização da actividade cerebral, ora pela sua componente eléctrica, através do EEG, ora pela *observação* da activação das suas zonas em tempo-real, através da fMRI. Especificamente utilizando esta última técnica, diversos estudos têm vindo a demonstrar uma estreita relação entre as emoções e a actividade cerebral, de uma forma cartografada aplicada ao conceito de emoção bem como da exemplificação de estados emocionais [79].

Outra linha de investigação no mesmo ramo envereda pelo estudo clínico de estados depressivos e como as respostas emocionais nestes indivíduos manifestam uma correlação forte com a actividade de determinadas zonas do cérebro [80]. Em qualquer um destes exemplos, sendo possível a enumeração de inúmeros outros, o ponto importante a destacar é a evidência clara entre a activação de determinadas zonas do cérebro como resposta ou origem de uma determinada experimentação de cariz emocional, comprovando a existência de uma forte componente biológica e fisiológica do conceito de emoção. Numa perspectiva complementar encontra-se a utilização do EEG como abordagem de *leitura* da actividade cerebral, desta feita através da monitorização da sua actividade eléctrica através da colocação de eléctrodos no exterior da cabeça dos utilizadores ou pacientes. Também neste campo, diversos estudos centram a sua atenção na busca com sucesso da descoberta da possibilidade de classificação emocional através da leitura destes dados [81][82].

Não obstante os válidos esforços conduzidos e os resultados alcançados nestes domínios, importa salientar que estes foram conseguidos à custa de equipamentos cujos custos são consideráveis, em ambientes e contextos extremamente controlados, utilizando sensores de elevada intrusividade e com baixos níveis de conforto e usabilidade [83]. Deste modo, é com naturalidade que os estudos aplicados tenham sofrido uma deriva para a inclusão de canais biométricos periféricos de forma completamente autónoma ou como complemento aos mecanismos já referidos [84].

Neste terceiro domínio, dedicado ao processo de classificação automática de emoções através da utilização de canais biométricos periféricos, registam-se diversos estudos de graus de completude variáveis em ambientes extremamente diversos. Assim, considera-se importante a realização da ponte com os processos de indução emocional anteriormente descritos, uma vez que se verificam esforços no sentido da utilização de canais biométricos periféricos a par com

EEG em ambientes onde se solicita aos utilizadores que recordem experiências emocionais passadas através das metodologias já expostas [85].

Tal como anteriormente justificado, verifica-se a necessidade de extravasar os ambientes controlados tradicionais e estudos na área demonstram a exequibilidade da utilização de canais biométricos diversos – ECG, EMG, sensores de respiração e GSR – em contextos dinâmicos tais como a condução automóvel, com o objectivo da inferência dos níveis de *stress* dos condutores [86]. No entanto, esta possibilidade de descrição de estados afectivos tendo por base sinais fisiológicos, tinha já sido estudada por Picard com sucesso, numa perspectiva de promoção de inteligência emocional orientada à computação [87], abrindo, deste modo, as portas a diversas abordagens neste domínio específico. Deste modo, e numa perspectiva muito mais próxima dos objectivos, neste contexto, do projecto BioStories, encontramos dois estudos recentes que em áreas diversas demonstram a possibilidade real desta abordagem baseada em sinais biométricos através de sensores de baixo custo e de mínima intrusividade.

A primeira referência consiste no trabalho desenvolvido por Katsis que propõe um estudo de reconhecimento em tempo real de emoções, por via da leitura de canais biométricos do piloto, em ambientes de competição automóvel [88]. Este projecto é importante pois demonstra a sua exequibilidade prática em ambientes agressivos, nos quais, as soluções de equipamento adoptadas têm de ser minimamente invasivas sob pena de se tornarem inúteis. Numa perspectiva ainda mais próxima do ambicionado pela presente trabalho, encontra-se Kim visando a integração de múltiplos canais biométricos, no caso ECG, EMG, sensores de respiração e GSR, para a classificação emocional baseada num modelo emocional bidimensional de *valence* e *arousal* [89][90]. Naturalmente, que o presente trabalho tem por base múltiplos outros projectos como referência, no entanto, e seguindo a estruturação da presente secção, estes encontram-se referenciados e descritos ao longo dos pontos subsequentes, mormente na secção 2.5, onde é realizada a identificação de trabalhos que contemplem uma abordagem global semelhante ao BioStories.

Como ponto adicional, refere-se ainda que foram desconsideradas diversas outras propostas de definição emocional por se encontrarem bastante afastadas no espectro potencialmente alvo de aplicação no trabalho em causa. Porventura o domínio mais importante neste tópico sejam as teorias cognitivas das emoções que elegem como elemento central do processo o próprio sujeito que experimenta as emoções. Nestas aproximações, o conceito de *appraisal* é fulcral e a definição emocional é realizada pelo próprio indivíduo tendo por base as suas motivações e a consequente análise cognitiva da situação experimentada e do seu contexto. Deste modo, é com naturalidade que este tipo de abordagens tenha de ser desconsiderada para o objecto de estudo em causa, uma vez que o principal objectivo do mesmo é que o processo de classificação emocional seja totalmente automático e independente do utilizador, de forma a providenciar uma interacção não consciente com os conteúdos multimédia.

Nesta medida e face ao exposto, o presente trabalho seguirá esta última linha de abordagem, reiterando a sua opção pela leitura de canais biométricos periféricos através da adopção de soluções de equipamento que reúnam as condições enunciadas de baixo custo, elevados padrões de usabilidade e baixos níveis de intrusividade de forma a possibilitar a sua utilização em diversos domínios, contextos e ambientes. Desta feita, são relegados para desenvolvimentos futuros a incorporação como metodologias válidas de classificação emocional as abordagens baseadas em leitura de expressões faciais e similares através de processamento de imagem, bem como, e de forma mais imediata, são desconsideradas as

abordagens que consistam na utilização de equipamento médico de elevados custos. Deste modo, e tal como descrito ao longo dos capítulos subsequentes, as metodologias iniciais basearam-se na experimentação de múltiplos canais, tendo-se adoptado a leitura dos sinais de EEG a par de ritmo cardíaco e mais tarde GSR, sendo que a opção assumida aquando das últimas versões do BioStories vai no sentido da exclusiva utilização de canais biométricos periféricos tais como GSR, temperatura da pele e amplitude e frequência de respiração, integrados num único equipamento com transmissão de dados sem fios.

2.3 Conteúdos Multimédia Dinâmicos

A promoção deste domínio a uma secção do estado da arte é considerada relevante na justa medida em que o objectivo do presente trabalho é precisamente o de providenciar conteúdos multimédia adaptados, em tempo-real, aos espectadores através da inferência do seu estado emocional por via da leitura *online* dos seus dados biométricos. Deste modo, a realização do levantamento de trabalhos relacionados na área da geração e distribuição de conteúdos multimédia dinâmicos afigura-se como importante para a correcta escolha de abordagens práticas.

Em primeiro lugar importa realizar a distinção inequívoca entre conteúdos multimédia contínuos e discretos. Pese embora esta referência tenha já sido, parcialmente, efectuada aquando da enunciação das metodologias de inferência emocional, importa, nesta fase, complementar a informação já transcrita. Para os devidos efeitos, ao longo do projecto BioStories, entende-se por conteúdos multimédia contínuos todos aqueles cuja linha de evolução de estória – *storyline* – é passível de constante e ilimitada evolução e modificação, permitindo a definição de um número teoricamente infinito de narrativas.

De forma a complementar a definição anterior, entende-se por *storyline*, o fio condutor da narrativa intrínseca ao conteúdo multimédia. Esta linha de estória pode ser tão simples quanto a definição do encadeamento de imagens – selecção e duração de cada fotografia – como, em conteúdos mais ricos ser responsável pela manipulação de todos os pormenores de um ambiente tridimensional virtual. No entanto, e no âmbito exclusivo do *BioStories*, exclui-se, por completo eventuais elementos de interacção directa e voluntária por parte do utilizador bem como resultados da aplicação do trabalho em ambientes distribuídos *multiuser*. Os principais desafios neste tópico prendem-se, essencialmente, com a manutenção da coerência da estória, sendo que simultaneamente, se pretende providenciar o máximo de liberdade quanto à manipulação dos diversos elementos dos conteúdos multimédia. Adicionalmente pretende-se a definição de um mecanismo de *storyline* dinâmico que seja independente quanto aos conteúdos multimédia utilizados, isto é, que permita a sua utilização entre domínios e aplicações diversas, uma vez garantida a manutenção dos protocolos a montante – classificador emocional – e a justante – gerador de conteúdos multimédia.

Por oposição, os conteúdos multimédia classificados como discretos são aqueles cujas *partes* constituintes encontram-se totalmente definidas *a priori* tendo estas sido previamente recolhidas, gravadas ou geradas pelo que o número de narrativas passíveis de serem compostas é necessariamente limitado. Como exemplos práticos de cada um destes dois tipos de conteúdos podemos considerar os ambientes virtuais, geração de conteúdos musicais ou um determinado léxico como formas de definição de conteúdos contínuos, ao passo que elementos cinematográficos previamente gravados, catálogos ou repositórios multimédia constituem-se como exemplos de conteúdos multimédia discretos, pelas razões previamente enumeradas.

No seguimento das considerações já efectuadas ao longo da secção 2.2, a complexidade dos conteúdos multimédia é também ela variável, resultando na potenciação emocional prática mais ou menos eficaz. Na mesma medida, a manutenção da coerência narrativa é também ela de dificuldade variável, aumentando com a complexidade dos conteúdos. Por outras palavras, a geração dinâmica de conteúdos tendo por base unicamente elementos musicais tem um grau de dificuldade mais baixo do que o mesmo exercício conjugando elementos audiovisuais complexos com intervenção de personagens, sendo que este é ainda escalado quando existem requisitos de interactividade, pois desta feita, torna-se necessário conjugar a *storyline* com eventos externos não controláveis.

De acordo com o exposto, e atendendo, quer à indubitável importância dos conteúdos audiovisuais, quer à necessidade do estabelecimento de um formato de representação universal, o W3C tem-se mostrado, especialmente atento a estas matérias. Deste modo, a utilização de uma norma *standard* aponta para o recurso directo ou indirecto do *MPEG7*, com ou sem extensões, como forma de incorporar o dinamismo necessário aos conteúdos audiovisuais bem como da representação de uma camada de metadados [91][92][93]. Noutro sentido complementar, apresenta-se a hipótese da reutilização com o intuito da sua replicação como ontologia de forma a potenciar a sua interoperabilidade intersistemas [94]. Com o mesmo objectivo mas percorrendo outro caminho, existem, igualmente, propostas de definição de novas ontologias para o efeito [95]. No sentido inverso, verificam-se, igualmente, esforços sérios no sentido do desenvolvimento de metodologias quer permitam a catalogação emocional automática dos conteúdos multimédia de forma a providenciar a construção de um catálogo multimédia com uma camada de metadados emocional [96]. Pese embora a diversidade dos ramos de pesquisa neste domínio em particular, assemelha-se como o caminho mais provável a percorrer o da adopção da norma *MPEG7* devidamente adaptada como forma de registar elementos semânticos de conteúdos multimédia, e deste modo, contemplar a catalogação emocional respectiva.

Relativamente à produção e geração de conteúdos multimédia dinâmicos, importa, uma vez mais, ressaltar a distinção de acordo com a complexidade dos mesmos, pelo que a cobertura total de todas as formas de conteúdos multimédia extravasa o âmbito deste trabalho. Não obstante, considera-se pertinente a investigação desenvolvida na área da integração da informação presente em redes sociais e ambientes móveis de forma a gerar histórias coerentes, desta feita sob a forma de *cartoons* [97]. Trata-se de um esforço válido na tentativa de exploração da quantidade de informação não estruturada na *web*, representando-a numa perspectiva completamente diversa e visualmente mais rica. Abordando uma área distinta, centrada para a composição de música ambiente, surge um estudo que propõe uma arquitectura para a geração automática, com a particularidade de existir o requisito do tempo-real, de conteúdos musicais que sirvam de *pano de fundo* a narrativas terceiras [98]. Trata-se de uma proposta que vale *per si*, mas que, no entanto, vê-se potenciada através da sua possível aplicação a narrativas mais complexas com ou sem a presença do paradigma de interacção com elementos humanos externos.

No seguimento do exposto, torna-se necessário, especialmente à medida que a complexidade dos conteúdos é incrementada e os requisitos de interactividade se encontram presentes, providenciar os mecanismos necessários para geração de narrativas coerentes. É precisamente com esta preocupação que os projectos *DINAH* [99] e *Façade* [100] surgem, sendo que o primeiro centra a sua preocupação na proposta de uma plataforma de *digital storytelling* que permita a definição de narrativas dinâmicas e interactivas, ao passo que o segundo

consubstancia um projecto dramático de duração aproximada de quinze minutos na qual duas personagens virtuais dotadas de técnicas de inteligência artificial, alteram o seu estado emocional de acordo com a interacção providenciada com o *jogador* humano através de linguagem natural escrita em inglês.

No sentido do progressivo aumento da complexidade dos conteúdos multimédia disponibilizados, a evolução natural consiste na definição de narrativas totalmente tridimensionais em que é permitida e incentivada a presença de mecanismos mais ou menos complexos de interacção com elementos humanos externos. Deste modo, os esforços mais recentes centram-se, precisamente, neste domínio, verificando-se a existência de diversas propostas, ora focando a sua atenção na definição de plataformas que possibilitem a narrativa não dirigida, estocástica orientada a eventos, em ambientes interactivos [101]; ora propondo a definição de narrativas interactivas em ambientes tridimensionais [102]; ou ainda centrando os seus esforços na definição de metodologias que permitam a reutilização das abordagens no domínio das narrativas interactivas [103].

Face ao exposto, as demais considerações relativas à problemática da implementação de grande parte das soluções propostas recai no âmbito da definição das soluções de equipamentos, tema alvo de discriminação ao longo do ponto subsequente. De igual modo, verifica-se a existência de trabalhos relacionados que contemplam também este domínio de tratamento ou geração de conteúdos multimédia dinâmicos, no entanto e por estarem mais próximos do tema do trabalho, optou-se por proceder à sua identificação e descrição no ponto dedicado às abordagens globais.

Assim, e numa perspectiva conciliadora com os trabalhos já identificados bem como com as opções já descritas ao longo dos pontos anteriores, a metodologia adoptada para o trabalho em questão irá basear-se, numa primeira fase, numa perspectiva conservadora com a utilização de conteúdos estáticos presentes e pré-catalogados na *IAPS Library* de forma a providenciar uma base de testes relativamente simples e acima de tudo sem a introdução de variáveis extra relacionadas com a preocupação de manutenção de coerência da narrativa, centrando a atenção na questão do desenvolvimento da *framework* de desenvolvimento bem como do teste das hipóteses iniciais relacionadas com os canais biométricos a adoptar. Não obstante, na segunda fase do projecto, e em especial com a definição das versões finais do BioStories, assume-se como vital a complexificação da experiência audiovisual, pelo que se adopta a geração *online* em tempo-real de ambientes imersivos tridimensionais contínuos, reservando as questões relacionadas com a interactividade totalmente dedicadas com a política emocional definida a par do processo automático de classificação emocional. Deste modo, julga-se alcançar um equilíbrio justo entre uma abordagem conservadora no início e a prova de conceito com a prototipificação vertical com a inclusão de conteúdos multimédia de elevada complexidade nas versões finais da instanciação do trabalho.

2.4 Soluções de *Hardware*

Relativamente a esta secção, dedicada à identificação de soluções de equipamentos que correspondam aos requisitos genéricos do trabalho, é fornecido especial foco nas questões relacionadas com a classificação emocional. De igual forma, atendendo às opções do projecto, já enunciadas ao longo das secções imediatamente anteriores, a pesquisa aprofundada de soluções de *hardware* não foi efectuada para as abordagens distintas das que consistam na análise fisiológica. Deste modo, e meramente para as propostas de inferência emocional que não foram consideradas válidas para o BioStories, é realizada uma análise muito sucinta que se descreve no parágrafo subsequente, reservando o restante espaço para dedicar a devida atenção às soluções para a componente de recolha de dados biométricos, sem, contudo, realizar uma sobreposição com a secção seguinte.

Face ao exposto, para as metodologias de classificação emocional baseadas na expressão facial, a abordagem mais tradicional consiste na implementação de algoritmos de processamento de imagem, pelo que neste sentido, as soluções de *hardware* passam, invariavelmente, pelo recurso a câmaras para a captura de vídeo. As variantes neste domínio são reduzidas, sendo que as verificadas consistem na miniaturização dos equipamentos ou em dotá-los de sensores de infravermelhos para captura de imagem em contextos com pouca ou nenhuma luminosidade. As abordagens não baseadas em imagem ou que possam complementar este *input*, normalmente enveredam pela colocação de eléctrodos na face de forma a promover a leitura da actividade eléctrica muscular para, deste modo, promover a inferência de expressões faciais [104]. Relativamente aos processos baseados na análise do discurso, os equipamentos utilizados, uma vez mais, centram-se nas abordagens tradicionais em que a presença de um determinado dispositivo de captura de som está presente, sendo que o microfone pode assumir diversas formas, tamanhos e especificações técnicas. Tal como anteriormente, as variações possíveis mais utilizadas residem na utilização de técnicas de electromiografia de forma a captar variações musculares que indiquem alterações emocionais, sem recurso a equipamentos de gravação áudio [105].

Considerando as propostas de classificação emocional baseadas na leitura de dados fisiológicos, as abordagens que consistem na aquisição de dados de *calibre* clínico de forma mais ou menos intrusiva foram igualmente desconsideradas de análise completa pelo que apenas se procede à identificação da possibilidade de condução de *fMRI*, EEG multicanal até cento e noventa e dois eléctrodos e ECG ambulatorio, de esforço ou em repouso. No entanto, e tal como já justificado ao longo da secção 2.2, estas abordagens são de todo desconsideradas por se tratarem de soluções ora invasivas, ora não aplicáveis de forma universal a diversos contextos práticos, ora ainda com custos monetários distantes da realidade de investigação descrita e não praticáveis para as identificadas aplicações práticas para o trabalho, tornando eventuais protótipos realizações meramente académicas, longe da sua implementação quotidiana.

Na vertente complementar encontramos os esforços desenvolvidos no domínio da recolha de dados biométricos através de metodologias que, com naturais custos de precisão e qualidade dos sinais recolhidos, pretendem a massificação da tecnologia. Nesta área, importa realizar a distinção entre mecanismos de leitura directa através da proposta de plataformas, normalmente, multicanal, e as abordagens de leitura indirecta ou dissimulada que concentram os seus esforços no desenvolvimento de mecanismos de leitura de dados fisiológicos de forma não ostensiva, normalmente através da inclusão de sensores em objectos de uso quotidiano ou cujo objectivo não seja unicamente o da aquisição de dados biométricos.

Iniciando esta análise, precisamente por esta última abordagem, importa ressaltar os trabalhos realizados no domínio do estudo da postura e expressão corporal enquanto espectadores ou utilizadores *sentados*. Este contexto é de vital importância, uma vez que a esmagadora maioria das situações nas quais somos deparados com conteúdos multimédia, a postura habitual é sentada, pelo que a possibilidade de extrair informação de carácter emocional em tempo real apenas pela análise da postura é considerado um ponto realmente de ressaltar neste estudo. A abordagem clássica proposta passa pela incorporação de uma matriz de sensores de pressão na cadeira ou sofá onde o espectador se irá acomodar [106] de forma a obter uma *imagem* digital da sua postura e com isso proceder à inferência do seu estado de alerta ou resposta emocional [107]. Esta forma de obter informação de cariz emocional, ou no mínimo quanto ao grau de atenção genérico do espectador, sem proceder a qualquer modificação do ambiente, sendo uma tecnologia totalmente não invasiva, é *per si*, uma importante solução ao nível de equipamento a considerar para os objectivos genéricos do presente trabalho.

Ainda neste contexto de aquisição de dados biométricos por vias alternativas, o passo seguinte prende-se com a complexificação dos canais monitorados, sendo, para isso, necessário, colocar os dispositivos de leitura mais próximos do corpo do sujeito experimental. Deste modo, o passo lógico a dar, prende-se com a incorporação dos sensores em itens que sejam *usáveis* ou encarados como uma peça ou acessório de moda [108][109], ou no limite completamente integrados em peças de vestuário [110]. Para o efeito, é com naturalidade, que um dos requisitos para a efectivação deste tipo de propostas se prenda com a extrema miniaturização dos componentes, sendo estes alimentados por baterias de longa duração, bem como a promoção da transmissão dos dados recolhidos em tempo-real por protocolos sem fios. Tal como a proposta descrita no parágrafo anterior, a utilização do vestuário como um veículo para a leitura de dados biométricos é uma forma excelente de promover a utilização generalizada deste tipo de tecnologia de uma forma totalmente não invasiva e sem alterar o grau de imersividade ou percepção por parte do utilizador final.

Precisamente neste domínio da incorporação de sensores de carácter emocional totalmente dissimulados no quotidiano, importa referir os esforços desenvolvidos por uma instituição de carácter exclusivamente comercial que antevê de forma séria a evolução do mercado no sentido identificado amiúde ao longo do corrente documento. O *Philips Lab* [111][112][113] tem dedicado grande parte dos seus recursos à investigação que responda à problemática de como introduzir *affective computing devices* no dia-a-dia de milhões de pessoas. Para tal, tem apresentado múltiplas propostas com fortíssima componente científica sendo de destacar os *Philips Design Probes*, nomeadamente:

- *SKIN:Dresses* que visa a redefinição do vestuário através da massificação da integração de sensores que possibilitem não só a inferência emocional mas também promover a sua metamorfose através da mudança dinâmica dos padrões e cores das peças de vestuário;
- *SKIN:Tatto* que consiste num processo similar ao anterior mas centrado na aplicação das *sensitive technology* directamente sobre o corpo humano, no entanto com os mesmos objectivos da *SKIN:Dresses*;
- *VIBE:Emotion Sensor* tem por objectivo ser uma proposta de um *gadget* tecnológico usável como um colar que permite a leitura em tempo-real de diversos canais biométricos e permitir a sua comunicação a entidades terceiras, sendo que

simultaneamente é capaz da alteração da sua aparência de forma a transparecer o estado emocional de quem o usa;

- *Fractal:Living Jewelry* define-se pela proposta de imitações de jóias de grande dimensão com *LEDs* dotadas de sensores de movimento, *arousal* e proximidade de outros, permitindo a alteração dinâmica da sua intensidade e cor como mecanismos de expressão emocional;
- *Skintile:Electronic Sensing Jewelry* trata-se de um projecto de extensão ao anterior, em que as peças são flexíveis, *integrando-se* com o corpo do utilizador, numa perspectiva de definição de sensores que se *colam* ao corpo mas com uma forte componente estética, permitindo, igualmente uma alteração da sua aparência de acordo com o perfil emocional inferido.

Numa perspectiva mais imediata, não necessariamente preocupada com a aceitação da tecnologia enquanto produto de electrónica de consumo, encontramos diversas propostas de índole académica que visam a definição de uma plataforma multicanal de aquisição de dados biométricos [114]. À medida que estas *frameworks* assumem uma importância e aceitação crescentes, identificam-se diversos projectos com o objectivo de potenciar a sua eficácia em diversos ambientes, de forma a colmatar as deficiências ao nível da necessidade de sincronização [115] ou providenciar altos débitos quanto à transmissão de dados de telemetria em tempo-real [116]. Estes trabalhos vêm comprovar a crescente importância deste tipo de abordagens no campo do *affective computing* alargando o seu espectro de aplicabilidade a múltiplos domínios desde o entretenimento até à indústria da Saúde [117]. Esta abordagem que centra os seus esforços na definição de uma plataforma multicanal de aquisição e transmissão de dados biométricos criou o seu próprio nicho de mercado, dado origem a diversas propostas de equipamentos especificamente dirigidos, quer para a investigação científica, quer para aplicações domésticas avançadas [118][119]. Finalmente, e já realizando a ponte para a secção seguinte, dedicada à identificação de trabalhos que providenciem uma abordagem global, semelhante ao BioStories, surge o trabalho de Kim e André [120] que propõe precisamente a apresentação de uma solução de *hardware* baseada na fusão sensorial de múltiplos canais biométricos tendo por objectivo último a condução do processo de classificação emocional.

Face ao exposto, as opções tomadas, ao nível dos equipamentos adquiridos e experimentados ao longo do projecto BioStories, bem como o desenvolvimento da plataforma de desenvolvimento, atempadamente alvo de descrição, são justificados pela necessidade de promover o processo de classificação emocional em tempo real em múltiplos e diversos contextos, interferindo minimamente com o grau de imersão dos utilizadores. De igual forma, as opções estavam naturalmente condicionadas aos recursos financeiros ao dispor, não existindo a necessidade última de dissimulação total dos equipamentos, pretendendo-se comprovar a hipótese formulada quanto à validade da metodologia baseada na leitura de dados biométricos ao invés do recurso aos tradicionais mecanismos de classificação emocional.

Como conclusão, neste capítulo, à imagem dos anteriores, mas com especial ênfase, importa ressaltar a cronologia das propostas de trabalho identificadas, uma vez que a sua grande maioria, em especial nas que se aproximam das opções tomadas ao longo do trabalho, surgem durante ou já no final do processo de investigação, indo de encontro ao rumo tomado, devendo ser encaradas como um reforço da validade das metodologias seguidas.

2.5 Abordagens Globais

Face à especificidade do trabalho, nomeadamente ao nível da proposta realizada ao nível do fecho do ciclo desde a aquisição, leitura e processamento dos dados biométricos, a sua consequente classificação emocional e geração de conteúdos multimédia adaptados, é considerado relevante a dedicação desta secção, em exclusivo, à identificação e descrição de projectos relacionados que proponham, igualmente, uma abordagem global. Naturalmente que estas propostas contemplam, igualmente, metodologias para o processo de inferência emocional, e eventualmente, soluções de equipamento e produção de conteúdos que podem e devem ser analisadas de forma complementar àquelas já alvo de exposição em pontos anteriores. Como facto adicional, é importante, uma vez mais, realizar a devida contextualização cronológica da publicação destes trabalhos, de forma a correctamente enquadrá-los no tempo com o projecto BioStories.

Face ao exposto, e numa perspectiva de complexidade e completude crescente dos trabalhos a apresentar, importa referir os esforços verificados no sentido do enriquecimento das tradicionais interfaces e mecanismos de comunicação através da introdução de elementos demonstradores do estado emocional, de forma automática, tendo por base a leitura de sinais biométricos [121]. Com um objectivo similar, no entanto com o intuito mais particular da possibilidade de geração automática de conteúdos, aponta-se como exemplo o trabalho proposto no sentido da produção de composições musicais personalizadas, tendo por base a componente afectiva e emocional [122]. Realizando o salto semântico, previamente identificado, na mesma direcção, identifica-se a proposta de desenvolvimento de um gerador automático de conteúdos visuais, baseado unicamente em imagens, a partir da análise dos sinais fisiológicos [123]. Numa perspectiva mais próxima do BioStories, encontra-se os esforços desenvolvidos pelo *Philips Lab*, que para além das referenciadas *Probing Experiences*, que se centram, nomeadamente, ao nível da utilização de sinais biométricos para o desenvolvimento de um novo paradigma de interacção homem-máquina em que exista um real contexto emocional [124].

Num domínio distinto, porém complementar, encontra-se a utilização da informação contextual emocional, através da leitura de dados biométricos, para a sua inclusão em modelos emocionais de interacção, mormente através da sua incorporação em agentes virtuais ou na sua vertente física robotizados. Neste campo encontram-se os projectos de investigação relacionados com a promoção de modelos de relacionamento com ou sem conteúdos multimédia baseados em medidas de afecto indirectas, sem dados biométricos [125], ou a sua promoção e inclusão, providenciando o fecho do ciclo de informação quer em agentes virtuais, quer em *robots* [126][127]. Aliás, esta linha de investigação tem vindo, sucessivamente, a conduzir-nos para o campo da modelação de relações empáticas entre agentes sintéticos [128], e entre entidades artificiais e humanos [129], sempre mantendo a preocupação da inferência e modelação do estado emocional do interlocutor e agente de comunicação.

Pese embora as naturais possíveis derivas da linha de abordagem originalmente traçada pelo corrente trabalho, os trabalhos relacionados identificados providenciam uma clara tendência para a promoção de uma crescente e contínua dotação da interacção homem-máquina do contextos afectivos e emocionais em tempo real, tendo por base a aquisição multimodal de sinais biométricos [130]. Realizando uma análise similar mas atendendo ao processo cronológico que estes trabalhos apresentam, é de assinalar a consistente tendência para o interesse por entidades académicas e industriais por este domínio, sendo que se verifica a

clara *aposta* para a confirmação da metodologia que se propõe com o presente trabalho, baseando a análise no processamento de dados biométricos através de equipamentos de reduzida intrusividade, providenciando a definição de um contexto emocional útil a diversas aplicações, entre as quais a geração adaptada de conteúdos multimédia dinâmicos.

Realizando uma referência sintética à análise efectuada respeitante à identificação de trabalhos relacionados, importa, primeiramente constatar o extremo dinamismo apresentado neste domínio particular. Tal facto é facilmente verificado pelas transformações apontadas apenas durante o início e o final do presente trabalho, período durante o qual diversas propostas inovadoras foram realizadas, ainda que não necessariamente numa perspectiva agregadora idealizada. Verifica-se igualmente, ainda que a um ritmo significativamente mais estável, a ainda falta de formalização consensual quanto aos conceitos e categorização de estados emocionais, pese embora a panóplia de trabalhos nesse sentido. Numa perspectiva mais tecnológica, regista-se, com agrado o crescente e contínuo interesse sério não só do universo académico de investigação mas também o investimento realizado por diversas indústrias neste contexto, deixando adivinhar a sua materialização e disseminação universal num horizonte temporal relativamente próximo. A conjugação de todos estes factores permite afirmar que o domínio no qual se enquadra o corrente trabalho é impresso a elevados níveis de dinamismo e fulgor, levando a crer que as opções tomadas nesta linha de investigação não só foram as mais acertadas, pelo menos do ponto de vista genérico, como os seus resultados serão certamente alvo de aplicação prática nos mais diversos domínios.

3 Arquitectura e *Framework* de Desenvolvimento do BioStories

Neste capítulo é alvo de apresentação detalhada a arquitectura genérica base da plataforma de desenvolvimento que serviu de suporte às actividades experimentais conduzidas, bem como à implementação de todos os protótipos do *BioStories* – a discriminar no capítulo seguinte. De igual modo, esta *framework* assumiu-se como o elemento catalisador para o surgimento de projectos paralelos, alguns deles de carácter inusitado, tal como é exemplo o projecto de controlo de rato por electromiografia.

A bem da melhor compreensão da temática abordada, opta-se pela estruturação do presente capítulo em duas secções, sendo a primeira dedicada à apresentação da filosofia subjacente à arquitectura definida bem como a enunciação dos elementos motivacionais conducentes à sua implementação; e a segunda de cariz técnico onde são expostas as opções estruturais ao nível da arquitectura desenhada bem como os principais objectivos alcançados e utilizações práticas definidas.

3.1 Requisitos de Arquitectura

Atendendo à natureza diversificada do trabalho bem como a sua multidisciplinaridade de cariz fortemente prático com necessidade de realização de actividades experimentais não passíveis, na sua integridade, de simulação, verificou-se, desde cedo a importância da existência de uma plataforma de desenvolvimento de suporte a todo o projecto.

É precisamente nesta fase inicial do projecto que se definem as linhas orientadoras das características técnicas pelas quais tal plataforma deveria ser regida. Como consequência, é compilada uma lista de requisitos que é apresentada de seguida:

- Arquitectura orientada à modularidade dos componentes intrínsecos: considera-se de vital importância para o sucesso do projecto que toda a arquitectura da plataforma seja inteiramente definida tempo por base o princípio da modularidade dos seus componentes. Este ponto reveste-se de particular relevância na medida em que assim sendo é possível a paralelização do trabalho a desenvolver bem como a sua constante evolução e adaptação a alterações de contexto, factor superlativo numa fase de natural incerteza quanto à abordagem global *vencedora*.
- Maximização do grau de flexibilidade do conjunto de canais biométricos a monitorar: em prol da salvaguarda da incorporação e testes de diferentes conjugações de equipamentos bem como dos canais biométricos a contemplar na classificação dos estados emocionais, opta-se pela necessidade de assegurar a total flexibilidade na definição do conjunto de variáveis bem como total independência quanto aos fabricantes dos equipamentos.
- Possibilidade de distribuição geográfica dos diferentes intervenientes do processo: face é eminente caracterização do trabalho como dependente da condução de diversas actividades experimentais, determina-se como relevante a necessidade de possibilitar a separação física por diversos espaços de todos os intervenientes no processo. Por outras palavras, pretende-se que, caso seja necessário ou desejável, os sujeitos das sessões experimentais estejam fisicamente separados dos coordenadores das actividades, possibilitando, assim, a constituição de *salas limpas* para a condução dos testes eliminando variáveis parasitas e estímulos externos que poderiam condicionar a validade dos resultados alcançados.

- Possibilidade da realização de monitorização e processamento dos dados em tempo-real bem como armazenamento de informação para análises posteriores: muito embora o princípio original obrigue à realização do processamento da informação em tempo-real, de forma a que a selecção e produção dos conteúdos multimédia, a par da sua distribuição seja eficaz, entende-se, por bem, igualmente manter mecanismos de salvaguarda e armazenamento dos dados recolhidos em base de dados de forma a que seja possível a sua consulta e reanálise em diferido.
- Maximização do grau de independência relativamente a *software* proprietário de entidades terceiras: pese embora a necessidade intrínseca da adopção de determinadas soluções de *hardware* a entidades terceiras que, natural e essencialmente, se fazem acompanhar de aplicações proprietárias, especialmente ao nível dos equipamentos relacionados com a aquisição de sinais biométricos, decide-se pela manutenção de elevados níveis de independência face a este tipo de *software*, desenvolvendo, sempre que adequado, aplicações à medida com o objectivo de autonomizar o projecto de determinada entidade externa, comprometendo, deste modo, a sua flexibilidade e dinâmica experimental global.

A revisão do *estado da arte* – ver 2 – demonstra a ausência, à data do início do projecto e fase temporal onde é necessária a tomada de decisão relativa à opção de *make or buy*, de uma plataforma que obedecesse aos critérios exigentes impostos pela caracterização da linha de investigação proposta. Deste modo, é tomada a decisão pelo desenvolvimento de raiz de *framework* uma vez que se considera que o esforço dispendido nesta fase inicial é largamente compensado pelas oportunidades proporcionadas bem como pelo grau de liberdade oferecido com a concretização de todos os requisitos enunciados.

3.2 Descrição da *Framework* de Desenvolvimento

Esta secção compreende a descrição em detalhe dos diversos módulos constituintes da plataforma de desenvolvimento de suporte ao trabalho, fazendo referência, sempre que apropriado, aos objectivos enunciados na secção anterior e que sumariamente definem o princípio pelo qual a *framework* foi definida. Deste modo, e em benefício da exposição da plenitude de alcance e utilização da plataforma, efectua-se a exposição em duas fases distintas mas complementares: a primeira onde é detalhada a arquitectura genérica e a segunda onde é apresentada a sua última instanciação, referente ao protótipo em ambiente tridimensional imersivo. Esta divisão é realizada de forma a que seja perceptível o grau de flexibilidade e amplitude da realidade em descrição.

Realizando a descrição da arquitectura genérica, visível através da Ilustração 5, não necessariamente de forma instanciada, e seguindo o ciclo a partir do utilizador que se encontra a experimentar a apresentação de um determinado conteúdo multimédia, este é alvo de monitorização por um conjunto não fechado de equipamentos biométricos através de um qualquer tipo de interligação com ou sem contacto físico – dependendo em exclusivo da solução de *hardware* adoptada. Na referida figura são ilustrados três equipamentos distintos para outras tantos canais biométricos – electroencefalografia, taxa de oxigenação do sangue e ritmo cardíaco e resposta galvânica da pele – que utilizam formas igualmente díspares de comunicação, desde transmissão por infravermelhos, porta série RS-232 ou por interface PCMCIA. No entanto, é de vital importância que esta anotação não seja encarada como um mecanismo fechado sob qualquer ponto de vista relativamente a um vasto número de factores, nomeadamente, quanto ao número absoluto de equipamentos, tipo de canais biométricos

monitorados, forma de captação dos sinais directa ou indirectamente do utilizador e tecnologia de comunicação com o exterior.

O ponto seguinte é respeitante à definição individualizada dos *drivers* correspondentes a cada um dos equipamentos activos. Pese embora a possibilidade de utilização directa das aplicações de visualização e processamento dos dados, tradicionalmente fornecidas com os equipamentos adquiridos, seguindo os princípios de definição da arquitectura, foram desenvolvidos e/ou adaptadas soluções específicas a cada solução de *hardware* experimentada de forma a constituir uma barreira uniformizadora relativamente ao formato dos dados a serem considerados *inputs* do sistema.

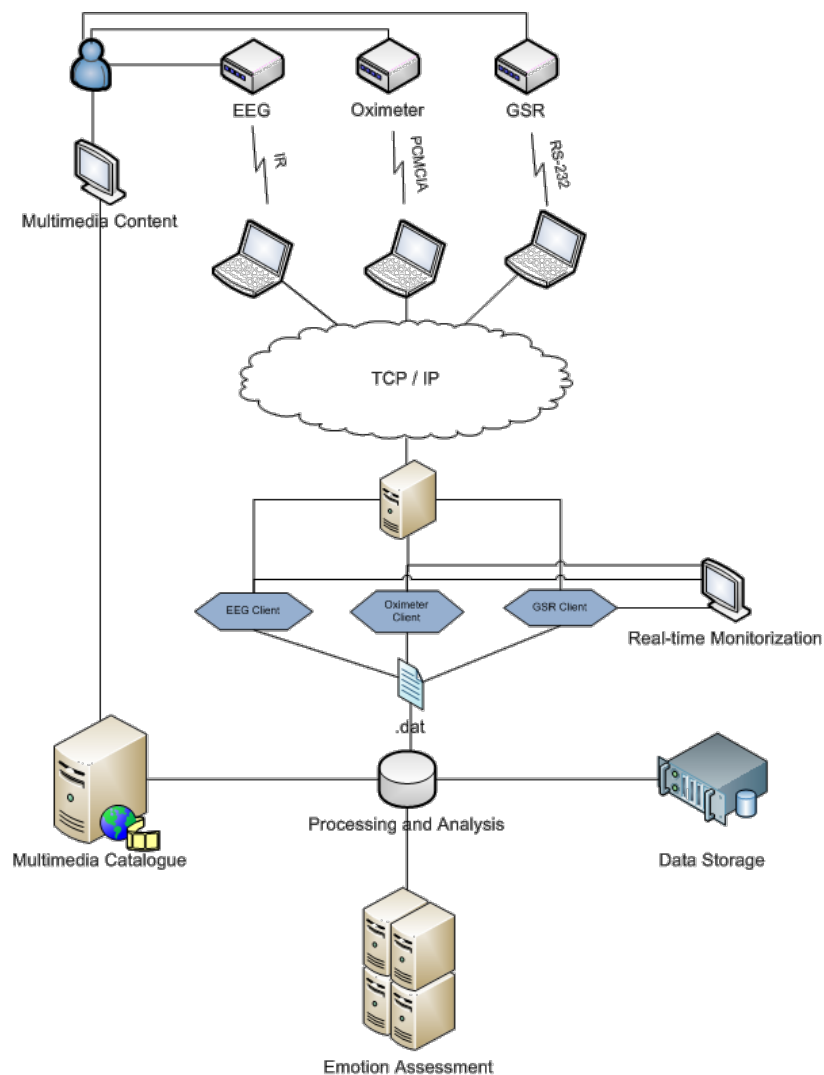


Ilustração 5 – Arquitectura Genérica da Framework de Desenvolvimento

Como forma de assegurar a possibilidade de distribuição geográfica dos diversos intervenientes do processo bem como dos diferentes módulos da arquitectura, a transmissão dos dados é efectuada segundo a pilha protocolar TCP/IP, permitindo a união dos diferentes componentes arquitecturais sobre qualquer rede de suporte, inclusivamente a Internet. Não obstante a sequenciação efectuada ao nível da informação transmitida – para além da efectuada pela pilha protocolar – os débitos alcançados pelas redes de suporte devem ser os

suficientes para que a análise aos mesmos possa ser considerada em *quase* tempo real, de forma a não comprometer a eficácia de todo o conjunto.

O módulo seguinte na imagem dual dos *drivers* dos equipamentos, que são responsáveis pela recepção dos dados, realização de tarefas de pré-processamento, armazenamento temporário em formato de ficheiro para que estes dados *online* sejam objecto de visualização e monitorização em tempo real – de forma intrínseca a estas aplicações, uma por equipamento em utilização – bem como a proceder à sua disponibilização para processamento e análise.

Neste âmbito global de processamento e análise, procede-se à definição de uma unidade colectora de informação, responsável pela conjugação sincronizada dos dados oriundos das diferentes fontes biométricas, tendo à sua disposição dois tipos de interfaces redundantes, por ligação TCP/IP ou por ficheiro. Após a correcta sincronização dos canais, procede-se à definição de amostra biométrica que é alvo de imediato de armazenamento em base de dados e introdução como *input* ao motor de classificação emocional.

O papel do motor de classificação emocional é o de proceder à análise dos dados biométricos recolhidos e determinar, de forma contínua, qual o estado emocional predominante. O método de classificação, bem como a sua parametrização é alvo de detalhe ao longo do próximo capítulo, sendo efectuada a sua descrição evolutiva ao longo das diversas versões do protótipo *BioStories* bem como da sua teorização de base relativamente ao modelo emocional subjacente.

O triângulo primário do trabalho é completo com o catálogo multimédia que consiste de um repositório de conteúdos multimédia complementado com uma camada de metadados relativos a estados emocionais. Este catálogo foi, igualmente alvo de diversas evoluções, tal como relatado no capítulo subsequente, assumindo versões estáticas em que os conteúdos se encontram pré-catalogados e pré-carregados apenas sendo possível a sua composição e encadeamento dinâmico e outras dinâmicas que na sua última versão consistem na definição dos parâmetros sob os quais o ambiente tridimensional deve ser gerado de forma contínua.

A interligação entre o módulo colector, motor de classificação e catálogo de conteúdos multimédia permite o fecho do ciclo uma vez que o fluxo de informação é coordenado pelo módulo colector que funciona igualmente como entidade gestora distribuindo as amostras biométricas como parâmetros de entrada do motor de classificação e recolhendo, posteriormente, o resultado do processamento, confrontando-o com a política emocional definida – podendo esta, a título de exemplo, consistir no reforço ou contradição do estado emocional corrente, forçar um determinado estado emocional ou realizar uma escolha aleatória – determina qual o perfil emocional do próximo conteúdo emocional a ser alvo de apresentação. A iteração do processo termina com a distribuição de um conteúdo multimédia seleccionado de entre aqueles do repositório que cumpriam os critérios emocionais definidos anteriormente. A partir deste ponto, todo o processo descrito é repetido até à determinação do término da sessão experimental que pode ser determinada quer por parametrização de ordem temporal ou selecção de conteúdo multimédia terminal.

De forma a melhor descrever a arquitectura física da plataforma desenvolvida, considerou-se interessante realizar a apresentação de uma instanciação da mesma, tendo-se seleccionado, para o efeito, a versão correspondente à versão mais evoluída do projecto, referente ao protótipo *BioStories* na sua versão em ambientes imersivo tridimensional, tal como é passível de percepção através da Ilustração 6.

Nesta versão, o conjunto dos equipamentos biométricos é instanciada através da utilização do equipamento Nexus-10 que se caracteriza pela capacidade de recolha, em simultâneo, de dez canais biométricos – no caso em particular são utilizados a resposta galvânica da pele, volume e frequência respiratória e a temperatura da pele. Muito embora seja necessária a ligação física dos sensores ao utilizador, a transmissão dos dados é efectuar sem fios seguindo a norma Bluetooth.

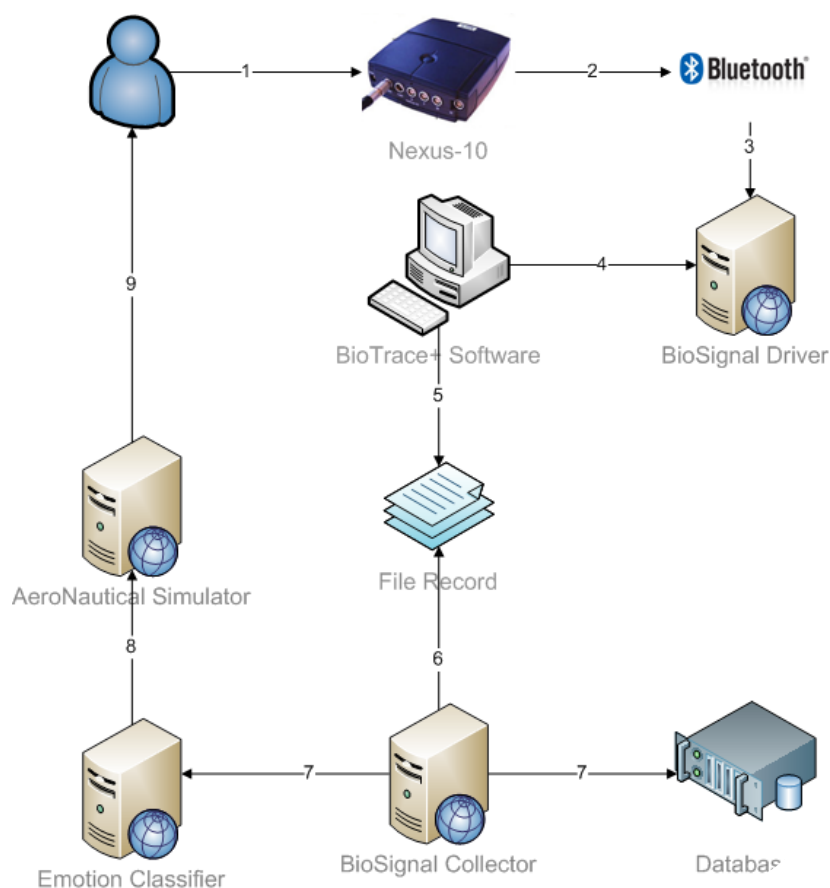


Ilustração 6 – Arquitectura da *Framework* Instanciada ao Protótipo *BioStories* em Ambiente Imersivo 3D

Os dados em bruto são então acedidos pela aplicação já fornecida pelo fabricante – neste caso em particular, o esforço de desenvolvimento do *driver* específico não se manifestou relevante, uma vez que se trata, unicamente, da leitura de dados por Bluetooth, sendo garantida a independência face ao fornecedor por esta via.

Os sinais são então enviados à aplicação responsável pelo seu processamento e visualização, sendo os resultados exportados em formato ficheiro servindo este mecanismo de transmissão de dados para a aplicação colectora responsável pelo armazenamento das amostras directamente em base de dados bem como a sua disponibilização para o motor de classificação emocional, que neste caso em particular, actua igualmente como interface de controlo, realizando, ele próprio a interacção com o simulador aeronáutico, informando-o do perfil emocional do conteúdo a ser apresentado.

Optou-se, conscientemente, por manter esta descrição da instanciação concisa, de forma a não incorrer no fenómeno de redundância, uma vez que o seu detalhe será necessariamente objecto no capítulo seguinte.

4 Implementação e Detalhe dos Protótipos BioStories

Este capítulo encontra-se dedicado à especificação e descrição detalhada das diferentes versões dos protótipos *BioStories*. Deste modo, é possível a apresentação cronológica das opções tomadas de forma emparelhada e justificada com as características dos ensaios prévios.

Esta opção pelo relato das diferentes versões do *BioStories* é justificada pela potenciação da inteligibilidade das opções tomadas nas diferentes evoluções do trabalho, necessariamente contextualizadas com a apresentação dos resultados respectivos bem como da sua consequente análise crítica. Considera-se que, desta feita, a exposição final da versão derradeira do projecto fica assim mais consistente e detalhada, uma vez que as opções aí defendidas encontram-se previamente justificadas, ainda que de forma parcial, com os ensaios anteriores.

Neste capítulo, para além da descrição da instanciação da arquitectura genérica definida no ponto anterior a cada caso, é realizada, com particular detalhe, a descrição da evolução das metodologias estudadas e propostas referentes quer à aquisição e processamento dos sinais biométricos como, essencialmente, os mecanismos propostos de classificação emocional tendo por base os modelos base eleitos bem como são discriminados os métodos propostos de geração e distribuição de conteúdos multimédia.

Importa ainda referir neste ponto introdutório que o processo de desenvolvimento adoptado foi fortemente influenciado pela necessidade de prototipificação rápida das abordagens idealizadas, pelo que a metodologia incremental foi a eleita. Desta forma, as versões iniciais de trabalho, que eventualmente conduziram ao protótipo vertical final, deverão ser entendidas como testes de validação de hipóteses que permitiram a identificação célere de quais os caminhos correctos a trilhar ao longo da investigação. Deste modo, os resultados preliminares alcançados deverão ser entendidos como indícios da validade das aproximações seguidas uma vez que o autor entendeu por necessário a definição e implementação de uma política de gestão do risco pelas compreensíveis restrições temporais e formais intrínsecas à investigação.

Face ao exposto, as opções relacionadas com a condução das sessões experimentais referentes aos primeiros protótipos do *BioStories*, nomeadamente ao nível da dimensão e selecção da amostra, bem como dos mecanismos de processamento de dados, não deverão ser analisados sob o ónus da absoluta necessidade de validação das hipóteses formuladas, uma vez que o objectivo primário da sua condução fora o da confirmação expedita da correcção da abordagem global, bem como da identificação inicial de eventuais correcções ao processo de investigação.

Dever-se-á pois encarar o presente capítulo como o fulcral do ponto de vista da ilustração das contribuições científicas alcançadas através da proposta de diversas metodologias nos ramos identificados sendo, naturalmente, complementada com a apresentação dos resultados alcançados, objecto do capítulo seguinte.

4.1 Fase Inicial e Fenómeno de *Spin-off*

Dr. Fleming was touring a new sparkling medical laboratory in the US. The place was very impressive and well equipped and scrupulously clean. After the tour his host made the remark: "If you worked here, think of what you could have invented?" Dr. Fleming's response was short and sweet: "Not Penicillin!"

A fase inicial do trabalho consistiu, para além da definição da arquitectura da *framework* de desenvolvimento, já descrita no capítulo anterior, no seu desenvolvimento e implementação, tendo contado, a partir de Março de dois mil e seis com a colaboração de António Gomes, por um período de quatro meses, tal como anteriormente descrito. Deste modo, e atendendo à revisão efectuada, à data, do estado da arte – ver 2.4 – opta-se pela adopção de dois equipamentos com o objectivo de monitorar a actividade eléctrica do cérebro, o ritmo cardíaco a opcionalmente a taxa de oxigenação do sangue. Tendo estes factos em consideração, são adquiridos e adaptados as seguintes soluções de *hardware* pelas razões apresentadas:

- Neurobit Lite™ da Neurobit Systems™ pois apresentara elevados níveis de portabilidade assegurando simplicidade no uso e ligação física dos eléctrodos ao utilizador, transmissão de dados sem fios por infravermelhos, possibilidade de *interface* com *software* de visualização de dados, fornecimento de *API* para desenvolvimento dos *drivers*, isto aliado a uma relação qualidade/preço que permitia a sua experimentação.
- Oxicard® da QRS Technology in Practice™ pois anunciara igualmente elevados níveis de portabilidade devido à sua reduzida dimensão, possibilidade de ligação através de *interface* PCMCIA, possibilidade de *interface* com *software* fornecido de visualização de dados, inclusão do sensor para dedo indicador com elevada perfusão, fornecimento de *API* para programação de *drivers*, bem como uma adequada relação custo/benefício.

Os detalhes técnicos operacionais de cada um dos equipamentos encontram-se apresentados como parte integrante do apêndice do presente documento.

De forma prévia à descrição de cada uma das aplicações desenvolvidas, importa porém, reforçar o esclarecimento que o objectivo original da pesquisa nesta fase inicial prendia-se, de forma praticamente unitária na percepção baseada em actividades experimentais da possível correlação entre os sinais monitorados dos canais biométricos seleccionados e alterações dos estados emocionais dos utilizadores. Para tal, e de uma forma embrionária, fora definido, após a implementação da plataforma de desenvolvimento, um protocolo *ad hoc* que consistia na aquisição com armazenamento dos sinais biométricos enquanto os investigadores assistiam a conteúdos multimédia por estes seleccionados, sendo registados os estados emocionais experimentados ao longo do tempo de forma totalmente introspectiva. Relembra-se que a condução deste tipo de actividade experimental teve o triplo intuito de testar tecnicamente a *framework* desenvolvida, promover a adaptação ao funcionamento dos equipamentos bem como o da tentativa de identificar, desde cedo, potenciais correlações semânticas entre padrões de sinais biométricos e estados emocionais.

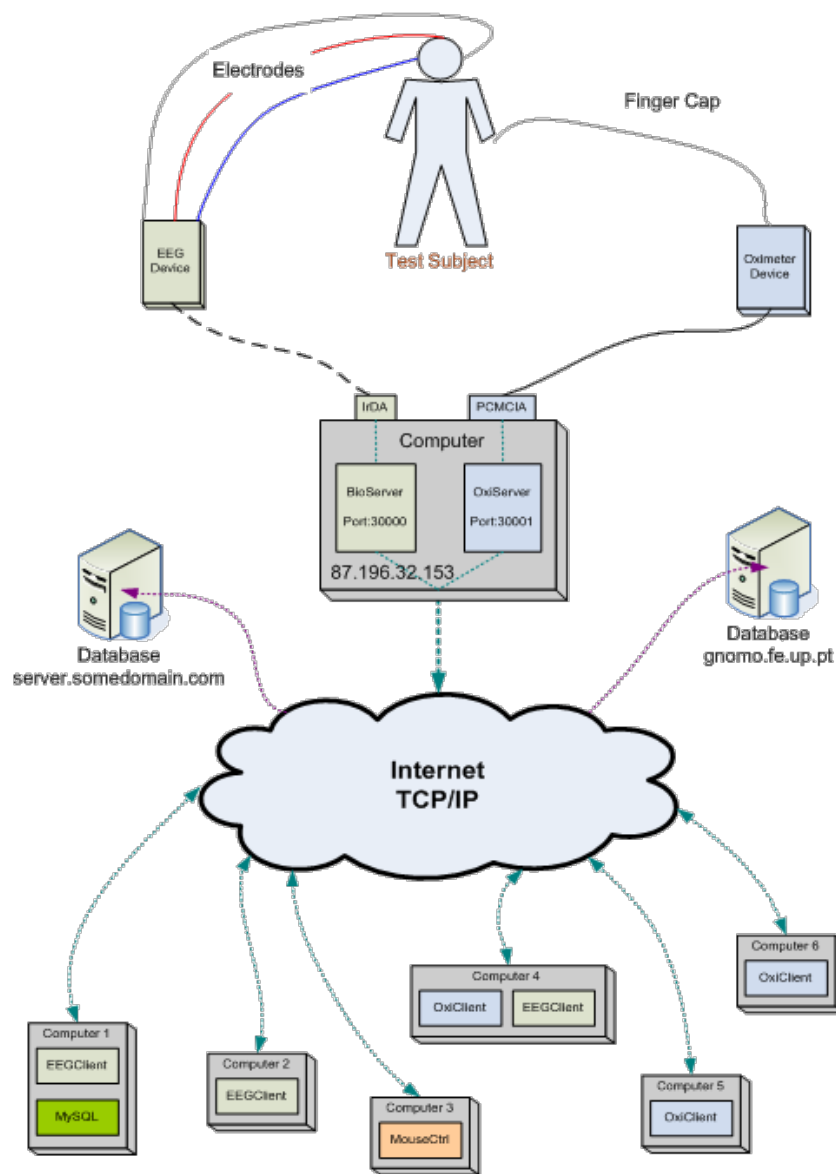
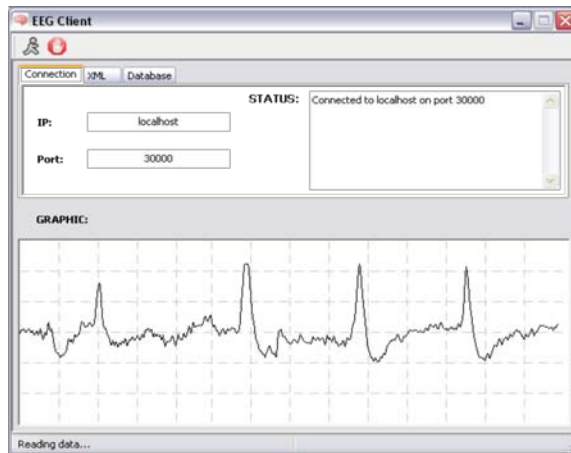


Ilustração 7 – Arquitectura da *Framework* de Desenvolvimento Detalhada para a o Protótipo de Controlo de Rato por Electromiografia

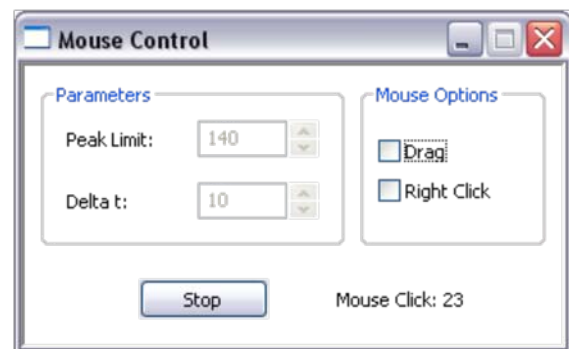
Deste modo, as referidas soluções de *hardware* são englobadas na primeira instanciação da arquitectura da plataforma de desenvolvimento, tal como visível ao longo da Ilustração 7, tendo sido desenvolvidos, de raiz, as aplicações de controlo e aquisição dos dados realizando a *interface* directa com os equipamentos, sendo, posteriormente, os dados disponibilizados, em tempo-real, via comunicação TCP/IP a diversas entidades aplicacionais, permitindo o processamento simultâneo e paralelo por diversas entidades tanto física como logicamente potencialmente distribuídas. No âmbito desta filosofia, é possível a co-existência de diferentes instâncias da mesma aplicação permitindo, a título de exemplo, que os dados biométricos estejam a ser monitorizados por diversas partes interessadas fisicamente separadas uma da outra e do próprio equipamento de recolha.

Deste modo, fora definida a aplicação principal da recolha, visualização e armazenamento de dados denominada de *EEG Client* que se liga directamente ao *driver* desenvolvido e

denominado de *BioServer*, sendo a sua *interface* com o utilizador objecto de apresentação através da Ilustração 8A.



A



B

Ilustração 8 – A-Screenshot da Aplicação de EEG Client B-Screenshot da Aplicação de Mouse Control

No decorrer de uma das sessões experimentais previamente descritas, e por mero acidente, procede-se a uma colocação *errada* do eléctrodo activo – a política de posicionamento dos eléctrodos para efeitos de análise emocional é remetida para o ponto seguinte – tendo-se começado a registar padrões de sinais eléctricos até então nunca visualizados em sessões anteriores. Na realidade, tinha-se começado a monitorar a actividade eléctrica muscular ao invés de actividade eléctrica cerebral, uma vez que a localização do eléctrodo activo, tal como apresentado na Ilustração 9, na zona temporal do utilizador potenciara a aquisição de sinais biométricos correlacionados com o fecho intencional dos olhos, sendo possível, através da análise da intensidade do sinal, a diferenciação entre o olho esquerdo e direito.

O facto, encarado, numa fase primária, como um erro processual da condução das actividades experimentais, vir-se-ia a revelar uma oportunidade de deriva da linha de investigação original, tendo-se realizado a célere análise de viabilidade da condução de um projecto de investigação *per si* em torno desta temática. Deste modo, foi formalizada a problemática em torno da especificação do domínio técnico, antecedentes na área e identificação dos principais objectivos do projecto. Como consequência desta análise, e de uma forma muito sumária, foi definida a área de actuação como a possibilidade de definir um mecanismo de interacção homem-máquina totalmente baseado ou adjuvado por electromiografia consistindo na detecção de fecho intencional do olho do utilizador e consequente mapeamento num qualquer tipo de acção num dado sistema informático. Pretendia-se que o processo fosse minimamente invasivo com impacto nulo ou quase nulo no ambiente o utilizador, promovendo, deste modo, inovação na área, pois rejeita as tradicionais abordagens baseadas na utilização de óculos infravermelhos ou detecção de movimento do globo ocular – uma descrição mais pormenorizada do estado da arte deste domínio é remetida para a consulta da secção 2.4 bem como da patente da invenção considerada em apêndice.

Este processo conduziu ao desenvolvimento de um mecanismo alternativo de interacção podendo, igualmente ser utilizado como uma extensão aos tradicionais mecanismos de *interface* de controlo de entidades externas, tais como o rato de computador é um exemplo

prático através da possibilidade de discretização dos seus movimentos a par da virtualização do pressionamento dos seus botões.

Com este propósito foi formalizada a correcta colocação dos eléctrodos, para os devidos efeitos relativos à realização de electromiografia. Deste modo, e tal como exposto na Ilustração 9, o eléctrodo activo deverá ser colocado na localização assinalada com o círculo negro, na zona temporal do utilizador, preferencialmente do seu lado dominante. Esta opção, referente à lateralização preferencial, prende-se com o facto da facilidade da medição da amplitude do sinal produzido, de forma a possibilitar a análise diferencial entre os dois olhos do utilizador. Os dois eléctrodos de referência deverão ser colocados no ponto A1, um em cada orelha, de forma a estabelecer a base de referência para o cálculo da amplitude do sinal a colectar. De notar que esta formalização da colocação dos eléctrodos, muito embora realizada de forma específica para o equipamento em causa, é passível de rápida adaptação a qualquer outra arquitectura física.

O estudo das características dos sinais colectados conduziu à formalização do estereótipo do padrão a ser considerado como um fecho intencional do olho[143]. A reprodução da referida tipologia encontra-se visível através da Ilustração 10, onde é apresentada a *standarização* da monitorização de um sinal eléctrico, medido em μV ao longo do tempo, referente a um fecho intencional de olho, vulgo piscar. É possível efectuar a comparação com o sinal colectado na sua forma original, apresentado na Ilustração 8A, sendo inequívoca a identificação de uma forma claramente distintiva e identificável aquando da execução voluntária do fecho intencional dos olhos, traduzida electricamente por uma forte oscilação positiva em torno da linha base, seguido de um *rebound* negativo.

Da análise ao sinal padrão resulta a metodologia de detecção de eventos, no caso, e numa primeira fase, o piscar do olho mais próximo do eléctrodo activo. Pretendeu-se, desde cedo, que o mecanismo de classificação fosse simples o suficiente, sem comprometer a sua eficácia, para ser reproduzido e computado em ambientes embutidos.

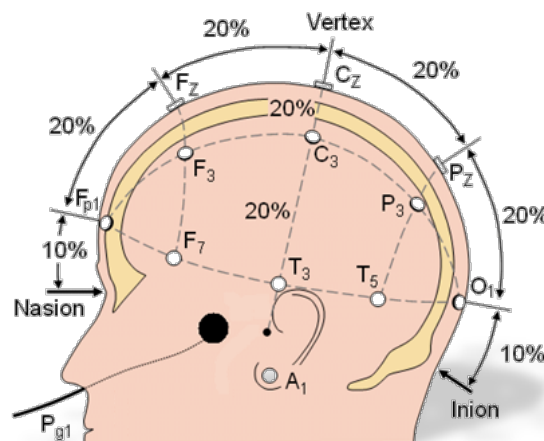


Ilustração 9 – Sistema de Posicionamento de Eléctrodos

Neste sentido, são definidos dois parâmetros base para a detecção denominados de *peak* e *duration*. Estes dois conceitos propostos bem como o método da sua conjugação para efeitos de detecção de artefactos de piscar o olho, são seguidamente alvo de descrição, com o auxílio da Ilustração 10:

- O conceito de *peak* consiste na definição de um *threshold* ao nível da amplitude do sinal que deverá ser ultrapassado de forma a se considerar a hipótese de se estar em

presença do início de uma actividade de fecho intencional de olho. A Ilustração 10 apresenta este conceito como se tratando da linha tracejada vermelha horizontal.

- O conceito de *duration* traduz-se pela constituição de um *threshold* ao nível da duração temporal mínima em que o sinal deverá ultrapassar e manter-se acima do valor de *peak* para que seja validada a acção como um fecho intencional de olho. A Ilustração 10 apresenta este conceito através de dois exemplos:
 - Como linhas tracejadas verticais verdes, apresenta-se uma amostra candidata a ser positivamente classificada mas que é descartada por ter uma duração abaixo do definido.
 - Assumindo a forma de linhas tracejadas verticais vermelhas, apresenta-se uma amostra validada como artefacto de fecho intencional de olho, assinalado o resultado conjunto como sombreado cinzento.

A metodologia proposta foi ainda estendida, de forma completamente análoga ao processo descrito, à possibilidade de detecção diferencial de fecho intencional dos olhos bem como do fecho simultâneo dos dois olhos. A estratégia seguida foi o de definir diferentes pares de *peak* e *duration* constituindo gamas disjuntas de valores sendo ordenados de forma crescente, em termos de *peak*, em: fecho de olho mais distante do eléctrodo activo, fecho de olho mais próximo do eléctrodo activo e fecho simultâneo dos dois olhos.

Como passo lógico, a metodologia apresentada foi alvo de aplicação prática através da sua completa incorporação na arquitectura da plataforma desenvolvida como um consumidor adicional dos dados biométricos recolhidos, nascendo assim a aplicação *Mouse Control* cuja interface se encontra detalhada através da Ilustração 8B, tendo o utilizador apenas de definir qual os valores de *peak* e *duration* – pese embora os valores por defeito de 140 μV e 10 ms passíveis de correcta utilização por uma vasta maioria dos utilizadores – bem como qual a acção que desejam emular através do fecho intencional de olho. Para efeitos de demonstração foram determinadas como ilustrativas as acções de *drag* e *right click* de um rato de computador. Foi igualmente definida a existência de um contador referente à detecção de artefactos de fecho intencional do olho de forma a potenciar a determinação da acuidade do sistema.

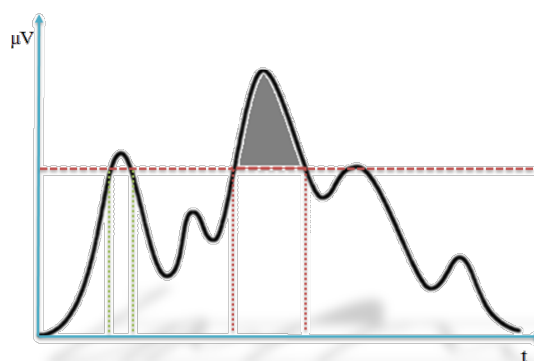


Ilustração 10 – Método de Detecção de Fecho Intencional de Olho

A incorporação desta metodologia e, em particular, da definição destes dois elementos fundamentais para a detecção de artefactos foi alvo de incorporação da aplicação de prova de conceito desenvolvida, tal como é apresentado na Ilustração 8B.



Ilustração 11 – Exemplo de Aplicação do Protótipo de Controlo de Rato por Electromiografia

Deste modo, e tal como é perceptível através da Ilustração 11, foi definida um actividade experimental com o objectivo da demonstração da aplicabilidade prática da metodologia definida e proposta. A experiência consiste no mapeamento do fecho intencional do olho mais próximo da localização do eléctrodo activo como único mecanismo para a realização de um conjunto de tarefas que consistem no jogo completo de uma partida de cartas *Microsoft Hearts* bem como proceder ao arrastamento da janela de jogo e fecho da mesma no final da partida.

A ilustração resulta da extracção de um *frame* de um video demonstrativo onde o ecrã se encontra dividido em quatro de forma a observar, em concomitância, a forma de colocação dos eléctrodos bem com o seu posicionamento, o que é apresentado no ecrã do utilizador, bem como das acções de fecho intencional dos olhos e a demonstração que a interacção com o rato físico é completamente acessória, não incluindo o conjunto de acções que se encontram reservadas à detecção por electromiografia com respectivo mapeamento em acções emuladas do dispositivo físico de interacção.

Os resultados alcançados com a abordagem e metodologia propostas são alvo de apresentação na secção 5.1 sendo estes alvo de discussão e análise crítica na secção 6.1.

4.2 BioStories – Protótipos Preliminares

Esta secção tem por principal objectivo proceder à apresentação do percurso trilhado bem como das opções assumidas desde a constituição da plataforma de desenvolvimento e de suporte às actividades experimentais, alvo de descrição no capítulo 3 e de instanciação primária aquando da secção 4.1, até ao desenho e implementação da última versão do protótipo *BioStories* e, consequentemente, da proposta final do presente trabalho.

Deste modo, esta secção deverá ser analisado com a perspectiva que este encerra a descrição do período intermédio da investigação, na qual foram desenhadas e testadas – e de forma posterior e natural reformuladas e adaptadas – as metodologias experimentais bem como foram conduzidos os testes e actividades experimentais referentes à adequação dos canais biométricos seleccionados.

A partir desta descrição do princípio basilar da definição da corrente secção, este encontra-se estruturado em três pontos, reflectindo, o primeiro, a descrição das primeiras abordagens à problemática da indução e classificação de estados emocionais bem como das metodologias experimentais a definir e implementar; o segundo onde são detalhados os métodos adoptados para o processamento e análise dos dados, nomeadamente ao nível da estratégias de remoção de picos, decimação e evolução por degraus; e o terceiro onde é descrito o protótipo funcional, na sua versão de apresentação de imagens da *IAPS Library*, resultado dos ensinamentos retirados das acções prévias.

Realiza-se uma nova referência ao facto do presente documento se encontrar estruturado, neste capítulo 1, dedicado à implementação, de forma orientada ao processo cronológico com o intuito de que as propostas e contribuições científicas sejam apresentadas de forma lógica e sequencial ao invés da sua compartimentação desprovida de contexto. No entanto, a apresentação dos resultados e consequente reflexão crítica far-se-á, nas secções subsequentes, de forma totalmente subjugada, do ponto de vista da sua estruturação, às linhas de investigação referidas.

4.2.1 Primeiras Abordagens e Metodologia Experimental

As primeiras questões que se levantaram no início do projecto, para além da já referida necessidade da existência de uma plataforma versátil de apoio ao trabalho, prenderam-se com a tripla necessidade conjugada da definição de mecanismos de *definição* de estado emocional, metodologia de indução e classificação de estados emocionais e correspondência em termos de eficácia e eficiência dos canais biométricos a explorar.

Deste modo, e ainda sem a preocupação da classificação automática em tempo real dos estados emocionais dos utilizadores, procedeu-se, de acordo com o estudo descrito aquando da revisão do estado da arte e de projectos relacionados – ver 2.1, 2.2 e 2.4 – à adopção como mecanismo base de suporte a conteúdos multimédia, para os efeitos relativos aos ensaios relativos às metodologias de indução emocionais bem como à definição primária de estado emocional, à biblioteca *International Affective Picture System*, doravante referida como *IAPS Library*, da Universidade da Florida.

Com efeito, e de acordo com o modelo circumplexo de Russell, mais tarde adoptado como modelo de definição formal computável de estados emocionais e como tal base para o princípio basilar do motor de classificação emocional, procede-se, como consequência imediata, à adopção dos mecanismos primários de definição de estado emocional como a conjugação – à data ainda por definir como – das variáveis *valence*, *arousal* e *dominance*,

dado que estes são os parâmetros de classificação e catalogação das imagens presentes na referida biblioteca.

Com este ponto presente, e sem incorrer na repetição das considerações tecidas aquando dos estudos descritos em 2.1 e 2.2, procede-se à definição de um conjunto de protocolos conducentes às actividades experimentais com o principal intuito, nesta fase, do estudo e teste dos sinais adquiridos a partir das soluções de equipamentos adquiridas, alvo de descrição em parágrafo subsequente.

Resultado da necessidade da condução de sessões experimentais formais em que os sujeitos seriam objecto de experimentação de diversos estados emocionais de forma mais genuína possível mas mantendo a uniformidade protocolar entre todos, concebeu a constituição de sessões de apresentação de conteúdos multimédia, explorando a plataforma de testes já então desenvolvida, realizando a aquisição, monitorização e gravação dos dados biométricos extraídos. Para o efeito, as sessões de apresentação de conteúdos multimédia seriam objecto de predefinição uniforme para todos os sujeitos, realizando apenas distinção quanto ao género, desenhando sessões específicas para indivíduos do sexo masculino e feminino de forma díspar.

Considerando que a *IAPS Library* contempla a catalogação de mais de mil imagens, tornar-se-ia impraticável, e acima de tudo pouco flexível, a definição manual de tais conjuntos. Deste modo, procedeu-se à definição, em primeiro lugar da estrutura e princípios pelos quais ambas as sessões seriam desenhadas:

- Método de Apresentação: definiu-se que o método de apresentação seria baseado na sequenciação de diapositivos num ecrã de computador sendo a transição das imagens realizada através de um *quadro* inteiramente negro, iniciando-se a sessão com a apresentação de uma mira branca em fundo negro. De forma complementar os sujeitos seriam objecto de monitorização através dos canais biométricos seleccionados.
- Número de Imagens e Duração da Sessão: considerou-se que o número máximo de imagens a apresentar seria de sessenta, divididas por três segmentos, considerando outros tantos estados emocionais predominantes – alegria, neutral, tristeza. O período de visualização de cada imagem seria definido em seis segundos, perfazendo um total de seis minutos divididos em etapas contínuas de dois minutos.
- Ambiente Contextual: definiu-se que as sessões teriam lugar em ambiente totalmente controlado, na ausência de ruídos externos, em ambiente de reduzida iluminação com o intuito da redução ao mínimo de estímulos externos. A apresentação das imagens teria lugar num monitor de computador de dezanove polegadas com recurso à aplicação Google Picasa como gestor de apresentação de diapositivos. Todas as sessões experimentais conduzidas são supervisionadas por, pelo menos, um dos responsáveis da investigação.
- Caracterização da Amostra: considerou-se que a dimensão mínima da amostra das actividades experimentais seria de vinte elementos, e atendendo à utilização de equipamentos de electroencefalografia, definiu-se como faixa etária preferencial os sujeitos com idades compreendidas entre dezoito e trinta anos.
- Canais Biométricos: Atendendo aos equipamentos adquiridos à data, os sujeitos das actividades experimentais são objecto de monitorização ao nível da electroencefalografia, através do Neurobit Lite, da sua resposta galvânica da pele, através do ThoughtStream GSR, e do seu ritmo cardíaco, através do Oxicard da QRS. De salientar que os dados, muito embora passíveis de monitorização em tempo-real,

apenas são acedidos pelo responsável da sessão experimental e nunca, durante a sessão, pelo sujeito.

Deste modo, foi desenhada e desenvolvida uma aplicação informática auxiliar com o intuito da definição e produção semi-automática de conteúdos multimédia para as sessões experimentais protocolarmente definidas, intitulada de *IAPS Wizard*.

Tal como é visível através da Ilustração 12, a aplicação tem por parâmetros principais iniciais o género dos sujeitos da sessão experimental – mormente devido à diferente classificação dos conteúdos quanto à variável *arousal* nas suas representações de cariz sexual – as localizações físicas onde se encontram os conteúdos originais e onde devem ser colocadas as suas cópias ordenadas. Seguidamente, procede-se à especificação dos parâmetros específicos relacionados com o número de estados que a sessão deve seguir, bem como se se procede à limitação no número de imagens total da sessão ou, se ao invés, o volume é controlado pelas especificações da caracterização emocional da sessão.

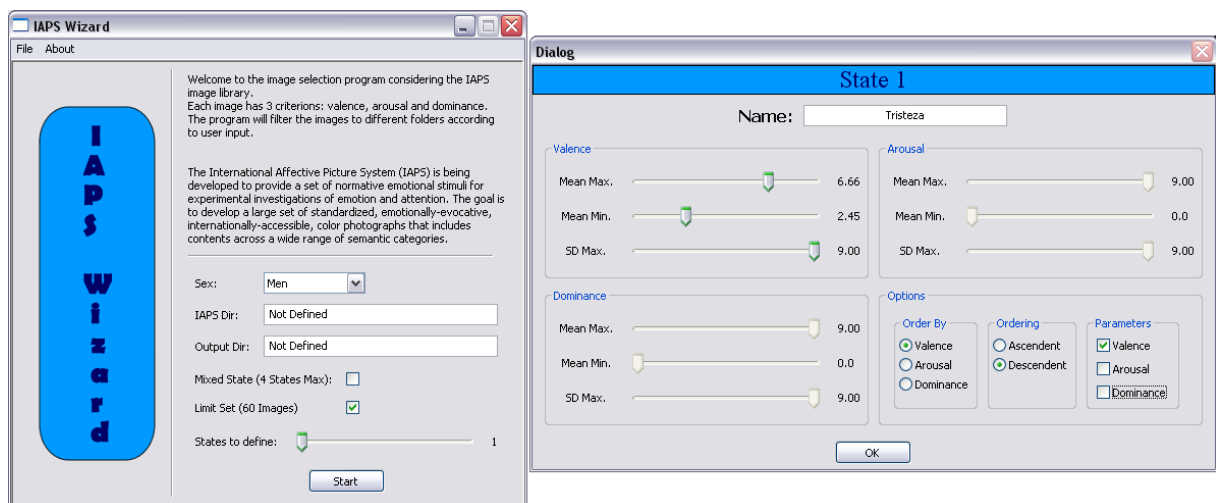


Ilustração 12 – Screenshot da Aplicação *IAPS Wizard*

De forma sequencial, para cada um dos estados da sessão experimental, procede-se à sua completa parametrização sendo possível, para cada uma das variáveis de controlo – *valence*, *arousal* e *dominance* – a definição dos seus valores selecção através da especificação do intervalo de variação admissível bem como do valor máximo do desvio padrão da sua classificação. Este filtro pode ser aplicado a qualquer conjugação de variáveis, podendo o autor da experiência activar um, dois ou os três filtros individuais.

Com o intuito de controlar o fluxo e ordenamento da apresentação das imagens, é permitido a definição da sequenciação dos conteúdos de forma ascendente ou descendente por um dos critérios já alvos de referência prévia.

A título de exemplificação prática, o caso apresentado através da Ilustração 12, representa uma definição de uma sessão experimental com apenas um estado, direccionado para indivíduos do sexo masculino, limitada a sessenta imagens. O estado número um, é denominado de *Tristeza*, sendo filtrados os conteúdos unicamente pelo seu valor de *valence*, sendo admitidos todas as imagens cujos valores auxiliem entre dois ponto quarenta e cinco e seis ponto sessenta e seis sendo que o valor do desvio padrão da sua classificação pode assumir um máximo de nove. Os conteúdos deverão ser apresentados ordenados pelo seu valor de *valence* seguindo um processo descentente.

Os mecanismos desenhados e implementados para a condução das tarefas subjacentes às funcionalidades descritas, por não constituírem uma contribuição científica por si mas sim serem instrumentais em todo o processo, não são objecto de referência no corpo do presente documento, tendo sido remetidas para apêndice em ponto apropriado para o efeito.

A definição desta aplicação permitiu atingir um grau de flexibilidade e adaptabilidade da definição de sessões experimentais que se revestiu de uma importância significativa, em especial, na fase inicial do estudo da adequabilidade e caracterização dos canais biométricos a utilizar.

Neste contexto, e tirando partido da plataforma de desenvolvimento, bem como dos equipamentos à data adquiridos para aquisição de dados oriundos da electroencefalografia, ritmo cardíaco e resposta galvânica da pele, conjuga-se a utilização da apresentação de estímulos visuais totalmente baseados na *IAPS Library*, desenhando as sessões experimentais com recurso ao *IAPS Wizard*. Ao longo dos próximos parágrafos são descritas as principais actividades experimentais conduzidas bem como os seus objectivos.

Deste modo, nesta fase inicial, foram realizadas diversas sessões experimentais, todas obedecendo aos mesmos princípios, previamente expostos, tendo sido seleccionados vinte e oito voluntários de entre estudantes da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, sendo dezassete do sexo masculino e onze do sexo feminino, seguindo a faixa etária desejada entre os dezoito e os trinta anos, tendo-se estabelecido um critério de exclusão de candidatos através do preenchimento de questionário de forma prévia à sessão experimental. Para além do critério etário[147][146][148][149][150] foi salvaguardada a existência de pré-condições relacionadas com doenças mentais, deformações cranianas bem como a prevenção do consumo de bebidas alcoólicas nas últimas doze horas[144].

Estas sessões experimentais consistiam na apresentação de diversos estímulos visuais, totalmente baseados nas imagens contidas na *IAPS Library*, sendo as sessões desenhadas a partir do *IAPS Wizard*, consistindo na apresentação sequencial de sessenta imagens divididas em três etapas claramente distintas tendo-se utilizado o critério de *valence* para a definição dos estados de *alegria*, *neutral* e *tristeza*. Procedeu-se igualmente ao desenho de sessões distintas atendendo ao género dos voluntários, sendo que o espaço afectivo das sessões experimentais é o traduzido através da Ilustração 13.

É perceptível que a primeira etapa da sessão relacionada com a alegria assume valores de *valence* bastante elevados, sendo que esta variável decresce ao longo do processo.

De notar a particularidade de existirem fortes intersecções ao nível da variável *arousal*, pois a intenção primária da condução das sessões foi, precisamente, proceder ao isolamento e fixamento do impacto da variável *valence* ao nível da resposta fisiológica dos sujeitos e com esse facto explorar possíveis aproximações quanto aos mecanismos de classificação automática de estados emocionais.

Todos os voluntários tiveram acesso, imediatamente antes do início da sessão experimental, a um documento contemplando um texto introdutório descritivo dos principais procedimentos da actividade experimental, sem, contudo se proceder a qualquer divulgação do seu propósito nem, tão pouco, realizar qualquer tipo de referência acerca do conteúdo multimédia a ser apresentado. Todos os sujeitos foram instruídos no sentido de evitarem movimentos corporais bem como movimentos oculares exploratórios sendo que a sua participação deveria ser caracterizada por elevados níveis de concentração relativamente ao conteúdo apresentado, potenciando, desta forma, os seus níveis de sugestionamento. Neste sentido, os voluntários

foram encorajados a imaginarem situações pessoais com que se identificassem e que se correlacionassem com o carácter da actividade experimental.

Relativamente à localização dos eléctrodos do EEG, trata-se de um tema amplamente discutido, mormente devido à dificuldade das acções relacionadas com a tentativa de cartografar a actividade cerebral humana. No entanto, a problemática da identificação de uma área específica passível da detecção de oscilações da actividade eléctrica foi parcialmente ultrapassada pela publicação de diversos estudos[145][146][147]. Estes trabalhos indicam a extrema vantagem da utilização de equipamentos multicanal – tipicamente sessenta e quatro – na tarefa de recolha de dados de forma precisa. No entanto, e tendo em consideração as naturais limitações do equipamento à disposição – um eléctrodo activo com adição de dois eléctrodos de referência – e o âmbito do estudo inicial de duas emoções opostas – distinção entre *alegria* e *tristeza* – a área craniana mais apropriada trata-se do meridiano entre a zona Central e Frontal.

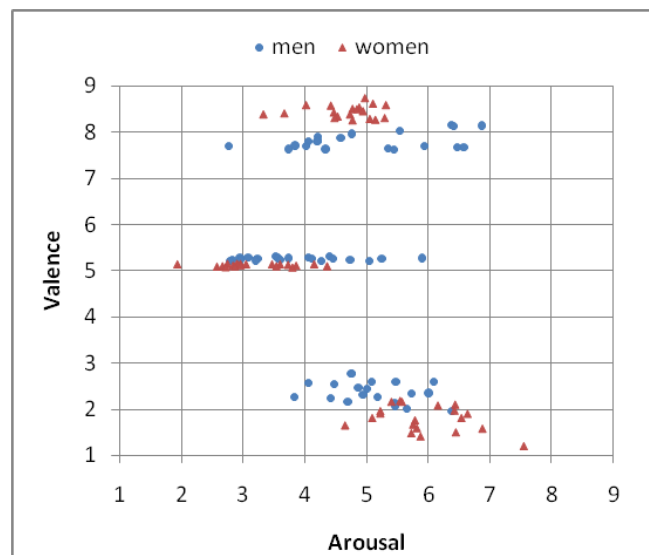


Ilustração 13 - Espaço Afectivo das Sessões Experimentais

A recolha dos restantes sinais biométricos foi realizada com recurso aos equipamentos previamente identificados, sendo a recolha da resposta galvânica da pele efectuada com recurso ao ThoughtStream com dois eléctrodos de contacto seco colocados nas palmas das mãos dos voluntários, com o auxílio de uma banda elástica. O ritmo cardíaco, em conjunto com a saturação de oxigenação do sangue, foi alvo de aquisição com recurso ao equipamento Oxocard, sendo utilizado um sensor de perfusão, colocado no outro indicador do sujeito.

A arquitectura de todo o sistema seguiu o desenho da plataforma originalmente proposto, sendo, naturalmente, o seu âmbito mais restrito, não se tendo, nesta fase, procedido à selecção e apresentação dinâmica de conteúdos. O diagrama de arquitectura encontra-se apresentado através da Ilustração 21, uma vez que esta é partilhada com o protótipo funcional relativo à classificação automática de estados emocionais, descrito no ponto seguinte. No obstante esta descrição diferida, importa salientar, desde já, que o processo de aquisição dos sinais biométricos reutilizou as aplicações definidas aquando do projecto de *Controlo de Rato por Electromiografia*, tendo sido desenvolvido, de raiz, o *driver* correspondente ao controlo de dados referente ao equipamento de monitorização da resposta galvânica da pele.

Os resultados alcançados a partir da abordagem referida, alvo de apresentação na secção 5.2 e análise crítica em 6.2[141][142], permitiram a definição do primeiro protótipo vertical baseado na *IAPS Library* que se detalha no ponto 4.2.3, ao passo que os métodos adoptados para a análise dos dados recolhidos são objecto de descrição de seguida.

4.2.2 Métodos para a Análise dos Dados

Atendendo ao propósito exploratório da condução das sessões experimentais previamente descritas, bem como a necessidade de antever os processos relacionados com a tarefa de classificação automática dos estados emocionais, optou-se pela definição, desde esta fase inicial do projecto, da estratégia de adopção ao nível dos mecanismos de pré-processamento dos dados a adoptar. É com naturalidade que estes se centrem, com particular ênfase, em estratégias *offline* a partir da colecção global dos canais biométricos monitorados e dados recolhidos.

Neste contexto, são propostas e detalhadas de seguida diversas metodologias, nomeadamente, a decimação e médias ponderadas com o objectivo primário da redução do número de amostras bem como de suavizar as variações inusitadas do sinal; remoção de picos para a eliminação de artefactos relacionados com movimentos corporais, especialmente verificados no EEG de algumas sessões experimentais; e evolução por degraus como aproximação da análise do ponto de vista emocional, ajustando a visualização às etapas da actividade experimental.

4.2.2.1 Decimação e Médias Ponderadas

Realizando a descrição das metodologias pela mesma ordem da sua enunciação, em primeiro lugar, descreve-se a aplicação da decimação e médias ponderadas. Procedendo à reutilização de uma abordagem, com diversas instanciações em construção de filtros ou aplicações de comunicação, cujas características tornam pouco eficientes a transmissão e utilização do sinal original, procede-se à adopção de um processo de amostragem de um sinal original discreto $x[n]$ num outro amostrado $x_p[n]$, com um período de amostragem N , tal como é compreensível através do diagrama da Ilustração 14.

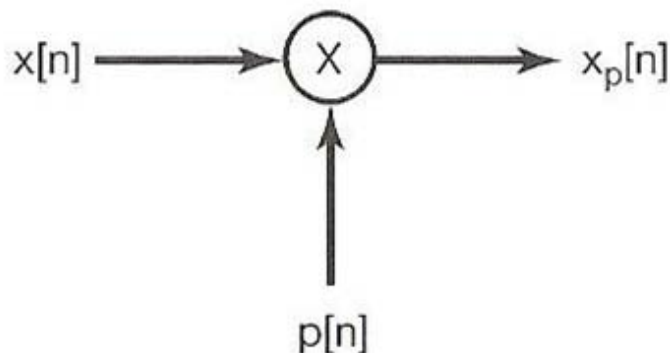


Ilustração 14 – Diagrama de Blocos do Processo de Decimação[151]

Resultado deste processo, sendo δ um impulso unitário, a multiplicação do sinal $p[n]$ pelo sinal original $x[n]$ produz como *output* valores diferentes de zero, em intervalos de tempo bem definidos e pré-determinados, e nulos nos restantes casos. Este processo de amostragem

através da decimação, agora descrito, é bem perceptível através da sequência apresentada aquando da Ilustração 15.

Com o intuito da eliminação dos valores nulos, cuja manutenção nenhuma informação acrescentaria ao sinal, redundando na manutenção do volume de dados a transmitir e analisar, o sinal amostrado $x_p[n]$ é alvo de um pós-processamento que consiste na selecção dos seus Enésimos valores, correspondentes aos índices não nulos, resultando na construção do sinal $x_b[n]$. Este processo de selecção encontra-se ilustrado matematicamente, através da Equação 1.

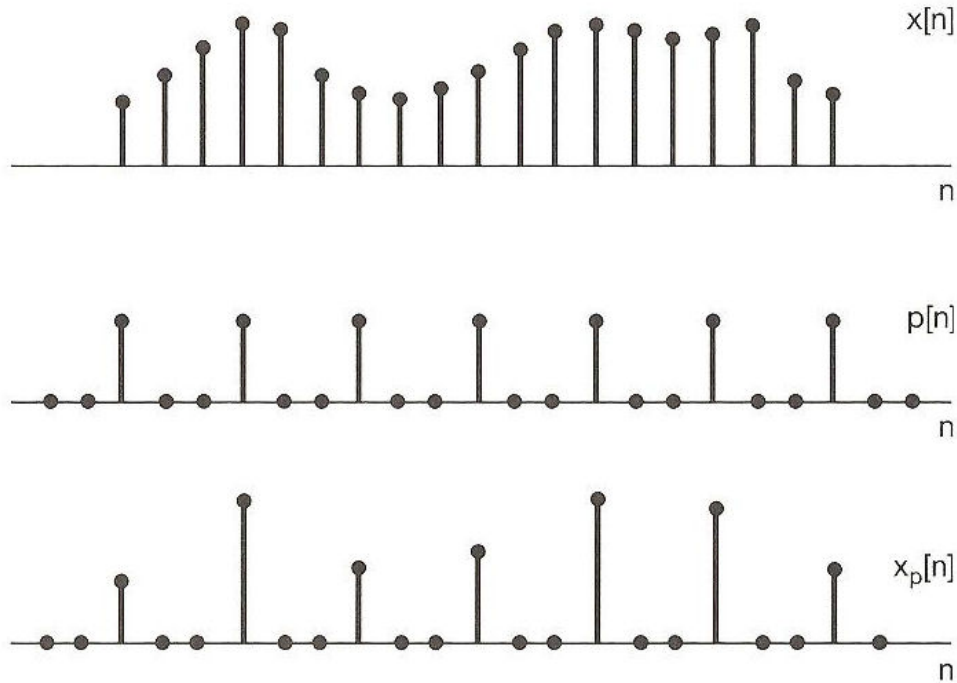


Ilustração 15 – Processo de Amostragem de um Sinal Discreto[151]

Este processamento do sinal, permite que o sinal original $x[n]$ seja transformado no correspondente decimado $x_b[n]$, que seguindo o exemplo em exposição, assemelha-se ao apresentado na Ilustração 16.

$$x_b[n] = x_p[nN]$$

Equação 1 – Passo Final da Decimação de um Sinal Discreto[151]

Não obstante o impacto positivo do processo de decimação, tal como descrito nos parágrafos anteriores, para os intuitos desta fase inicial do trabalho, para além da adopção de uma metodologia que potencie a redução do número de amostras a analisar e a transmitir, tal como a decimação, tornou-se, igualmente importante, a definição de um método capaz da suavização da variação da amplitude sinal ao longo do tempo, com o objectivo da facilitação da inteligibilidade ao nível da sua análise e interpretação visual.

Neste contexto, procedeu-se à definição de um mecanismo com o triplo propósito da redução de amostras de forma complementar ao processo de decimação; suavização do sinal original; e não descartar a totalidade da informação, tentando a sua preservação mesmo que de forma

indirecta. Deste modo, procedeu-se à implementação de um método simples, baseado no princípio de médias ponderadas, que consiste no cálculo e armazenamento da média entre duas amostras consecutivas, permitindo, a cada passo iterativo do processo uma redução para metade do número de amostras. Pese embora o método proposto, e detalhado através da Equação 2, ter sido aplicado em blocos duas amostras, este é passível de aplicação entre N amostras.

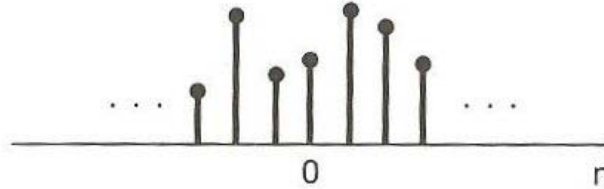


Ilustração 16 – Sinal Decimado[151]

Procedendo à descrição um pouco mais pormenorizada da Equação 2, percebe-se que a nomenclatura usada $x(i,j)$ representa o valor correspondente ao índice j da série de dados i , sendo que o índice i da série é incrementado a cada passagem do algoritmo, sendo o tamanho do vector – último índice j – reduzido a metade. Por exemplo, o valor $x(3,1)$ representa o primeiro valor da terceira série cujo tamanho é um quarto da original, sendo que este congrega a média dos seus quatro primeiros valores.

$$\begin{aligned}
 x(2,1) &= \text{mean}(x(1,1), x(1,2)) \\
 x(2,2) &= \text{mean}(x(1,3), x(1,4)) \\
 &\dots \\
 x(3,1) &= \text{mean}(x(2,1), x(2,2)) \\
 &\dots
 \end{aligned}$$

Equação 2 – Cálculo das Médias Ponderadas

A aplicação sucessiva do método apresentado permite a emulação do processo de decimação de uma forma binária, reduzindo a amostra pela metade a cada passo, sendo que, ao invés da proposta de decimação original, não se procede à perda completa da informação, mas sim à computação dos seus valores médios.

A utilização da metodologia proposta para a condução e análise das sessões experimentais levadas a cabo, constituiu um importante valor acrescentado, uma vez que permitiu a redução do volume de dados alvo de comunicação e distribuição, potenciou o seu processamento com a mesma capacidade de computação disponível e acarretou óbvias vantagens ao nível da interpretação directa visual dos sinais alvos de monitorização.

A título de exemplo, a Ilustração 17 apresenta um exemplo do sinal original e após a realização do seu pré-processamento da decimação de vinte em vinte segundos através do recurso de médias ponderadas. Torna-se claro que a suavização resultante permite uma melhor compreensão da natureza do sinal adquirido, nomeadamente através da possibilidade de análise individualizada por onde cerebral em causa, sendo visível diminuição e estabilização gradual do comportamento do sinal, após uma agitação inicial.

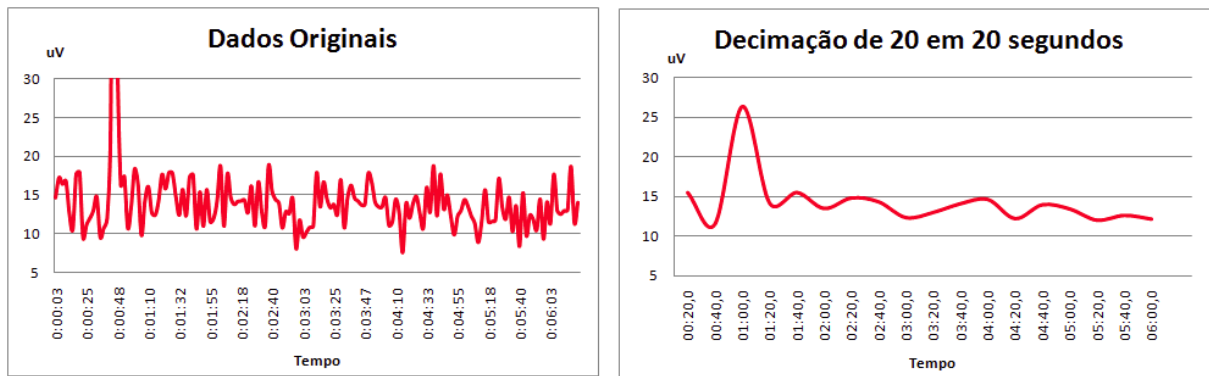


Ilustração 17 – Aplicação do Método de Decimação e Médias Ponderada

Uma análise mais detalhada do processo, nomeadamente considerando o seu impacto ao nível da análise dos dados fica reservado, no seguimento do princípio de exposição adoptado, para a secção correspondente – ver 5.2.

4.2.2.2 Remoção de Picos

Não obstante o processo de decimação com suavização do sinal, alvo de apresentação no ponto anterior, verificou-se a necessidade de proceder à eliminação de determinadas leituras, especialmente ao nível do EEG, que resultavam da colecção de artefactos em nada úteis para a análise e estudo desejados.

A maioria destas oscilações extremas do sinal tem por origem movimentos musculares inesperados fruto de ruídos externos ou períodos de desconcentração do utilizador que estão na origem de leituras de um aumento brusco e de curta duração da actividade eléctrica cerebral. A manutenção e validação deste tipo de sinais colocaria em risco todo o processo de estudo e condução de classificação em tempo real, uma vez que estes estão relacionados com realidades distintas dos estados emocionais.

Neste contexto, é proposto um método de remoção de picos, de forma a proceder à eliminação de pontos *outliers* do sinal adquirido, com o duplo objectivo de potenciar a análise visual inicial e descartar o ruído inerente para o processo de classificação automática. Muito embora, a metodologia em apresentação seja orientada para a aquisição de sinal por electroencefalografia, esta é passível de adaptação directa para os restantes canais biométricos.

Deste modo é, de forma prévia, calculado o valor médio da amplitude do sinal ao longo da sessão, realizando este processo para cada onda em análise – *Teta*, *Beta* e *Gama*. Este processo pode ser alvo de condução *on-the-fly* realizando idêntico processo para todas as amostras recolhidas até ao momento ou através de um mecanismos de *sliding window*.

É então definido um valor limite admissível através da determinação de um valor de tolerância. Cada amostra é então sujeita a um teste lógico de forma aferir se o seu valor é superior ou não ao limite estabelecido. Em caso afirmativo, a amostra é então considerada como um pico, sendo alvo do processo de remoção. Este processo segue a metodologia proposta através da Ilustração 18, onde o valor de tolerância k foi, a título de exemplo, instanciado para cinquenta por cento acima do valor médio.

Assim, sempre que uma amostra é considerada um pico procede-se à sua substituição, analisando as quatro amostras mais próximas, quer a montante, quer a jusante, seleccionando-se aquela que cumpra o critério definido com a prioridade estabelecida de opção pelo valor temporalmente mais próximo a montante. Em caso de incumprimento, conduz-se a escolha pelos índices $i-3$ ou $i+3$, seguindo o mesmo princípio. De forma consequente, a aplicação do algoritmo descrito aos valores iniciais e finais do vector de dados implica, necessariamente, a sua adaptação de forma a não proceder ao teste de valores inexistentes a montante da primeira amostra e a jusante da última. Devido à trivialidade dos testes a realizar, estes não são alvo de descrição ou formalização.

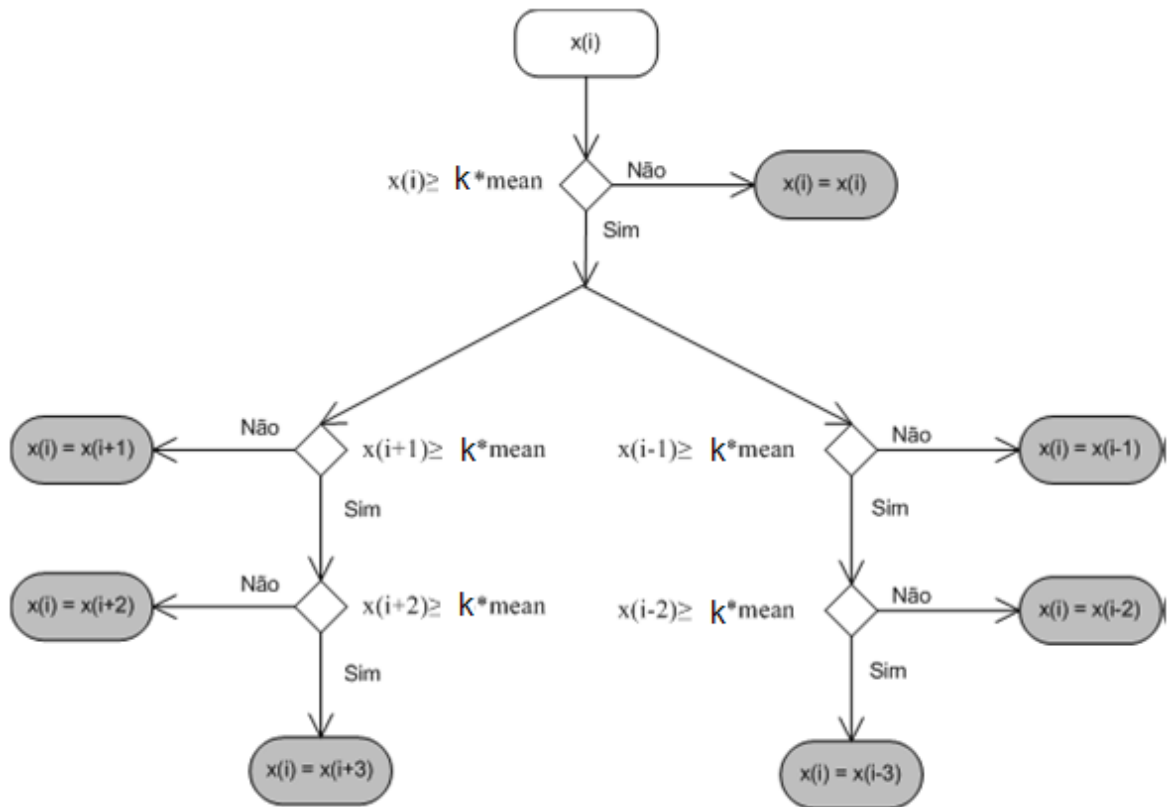


Ilustração 18 – Diagrama de Actividades UML do Método de Remoção de Picos

A aplicação do processo de forma iterativa ao longo do vector de dados permite a remoção de picos, permitindo que o valor de tolerância seja definido de forma dinâmica, o que não foi efectuado no exemplo apresentado de forma a clarificar a potencial execução prática do método proposto.

Tal como realizado aquando do ponto anterior, é apresentado, de seguida, através da Ilustração 19, a aplicação do método a um caso prático, com objectivo de apresentar a forma do sinal colectado antes e após o seu processamento. Tal como é visível, a alteração inusitada do sinal de EEG, verificada cerca do minuto e trinta e cinco segundos, com a duração aproximada de trinta segundos, foi, completamente eliminada, sendo substituída, de forma totalmente automática pela replicação do sinal anterior até se verificar a normalização do sinal de entrada.

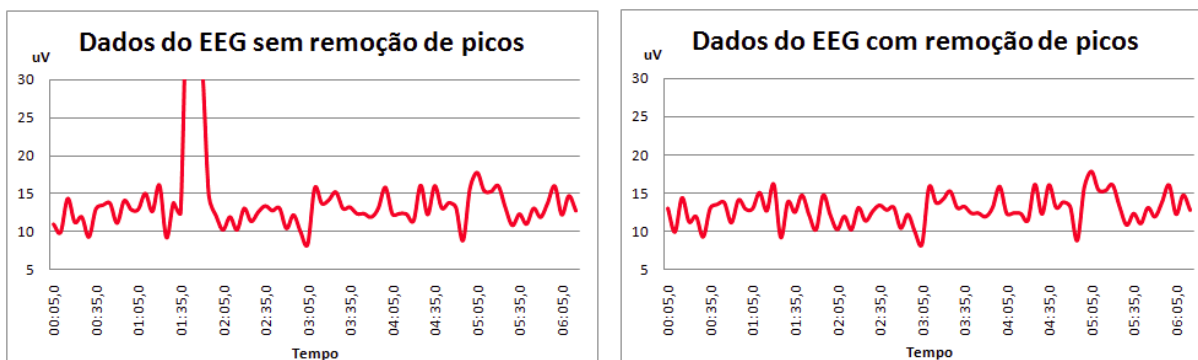


Ilustração 19 – Aplicação do Método de Remoção de Picos a um Sinal de EEG

Tal como efectuado anteriormente, uma análise mais detalhada do impacto prático da aplicação do processo fica reservada, no seguimento do princípio de exposição adoptado, para as secções correspondentes à apresentação dos resultados e consequente análise crítica – ver 5.2 e 6.2.

4.2.2.3 Evolução por Degraus

Explorando as características específicas da forma das sessões experimentais, especialmente considerando a sua compartimentação rígida em três blocos distintos de dois minutos cada, e no prolongamento da proposta referente à decimação com médias ponderadas, previu-se a sua adaptação para a definição de um processamento dos dados que resulta-se na sua hierarquização em degraus.

Este processo tem por objectivo realizar uma paralelização entre os resultados obtidos e a sua correspondente fase no processo de sessão experimental, especificamente associando o valor médio das leituras dos canais biométricos a cada etapa da sessão.

O método proposto encontra-se apresentado através da Equação 3, onde é visível o cálculo do número de amostras por etapas, a exemplificação do cálculo do valor dos degraus para o primeiro e para o segundo caso, terminando a exposição com o método para a computação do caso genérico para o degrau de ordem k .

$$n = \frac{\text{length}(\text{data})}{k}; \quad \text{mean2} = \frac{1}{n} \times \sum_{2 \times n}^n \text{data};$$

$$\text{mean1} = \frac{1}{n} \times \sum_n^1 \text{data}; \quad \text{mean } k = \frac{1}{n} \times \sum_{k \times n}^{(k-1) \times n} \text{data};$$

Equação 3 – Algoritmo para Aplicação da Evolução por Degraus

Tal como efectuado para os métodos anteriores, apresenta-se, através da Ilustração 20, a aplicação da proposta, sendo claramente visível a melhoria ao nível da percepção da evolução do comportamento dos sinais não só ao longo do tempo mas de forma correlacionada com os conteúdos apresentados ao longo das sessões experimentais. Para o caso exemplificativo, procedeu-se à exposição dos sinais originais e após a evolução por degraus das amplitudes registadas das ondas *Beta* e *Gama* do EEG.

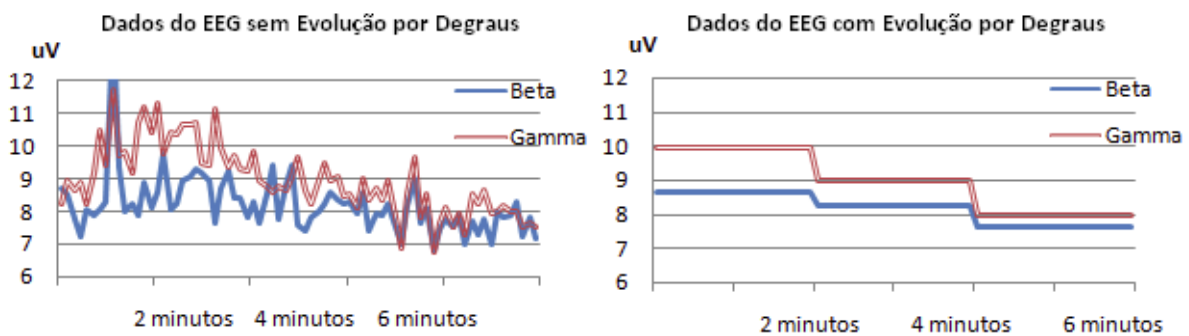


Ilustração 20 – Aplicação da Metodologia de Evolução por Degraus

Tal como efectuado anteriormente, a análise crítica ao impacto ao nível da visualização dos dados bem como os resultados alcançados serão objecto de detalhe nos capítulos subsequentes.

Realizando um breve sumário às técnicas numéricas propostas, importa referir que se tratam de esforços iniciais que visam o melhoramento da inteligibilidade dos dados, especialmente, do ponto de vista visual, ao mesmo tempo que se encaixam, na perfeição, na arquitectura da *framework* inicialmente desenhada, nomeadamente ao nível das rotinas de pré-processamento dos dados para visualização dos sinais e posterior análise automática. As primeiras utilizações práticas destas propostas são já alvo de descrição ao nível da primeira fase do protótipo funcional sobre *IAPS Library* que se detalha no ponto seguinte.

4.2.3 Protótipo Funcional sobre IAPS Library

O protótipo vertical do *BioStories*, baseado nos conteúdos estáticos da *IAPS Library* realiza-se em duas fases complementares. A primeira em que o ciclo da apresentação de conteúdos não é totalmente fechado, sendo centrado na possibilidade de classificação automática de emoções; e uma segunda que tira partido dos ensinamentos congregados das abordagens iniciais e completa o *loop* de apresentação dinâmica de conteúdos, reformulando, por completo a gama de canais biométricos bem como o método de classificação. Estes cenários intermédios viriam a permitir as sucessivas evoluções do trabalho até ao desenvolvimento da sua versão prototipificada final apresentada na secção 4.3.

4.2.3.1 Emotion Assessment Tool

No seguimento dos processos experimentais relatados ao longo do ponto 4.2.1, tirando partido das metodologias de processamento de dados descritas ao longo do ponto 4.2.2, projectou-se o desenvolvimento de uma abordagem automática à classificação de estados emocionais, numa primeira fase, ainda sem a preocupação do fecho do ciclo de fluxo de informação através da selecção e apresentação de conteúdos multimédia adaptados.

Nesta primeira fase, pretende-se o desenvolvimento de uma ferramenta totalmente automática, não necessariamente *online*, como ensaio de uma abordagem de classificação de estados emocionais, reutilizando as metodologias já alvo de exposição.

Neste sentido, e reutilizando a arquitectura da *framework* proposta, procede-se à sua adaptação para a aquisição e processamento dos dados biométricos, tal como apresentado através da Ilustração 21.

Fruto dos resultados alcançados através das actividades experimentais – ver 4.2.1 – bem como da correspondente análise crítica – ver 5.2 – a abordagem seguida neste protótipo de classificação emocional centrou as suas atenções nos sinais oriundos da electroencefalografia, mormente por se ter constatado uma clara correlação entre os estados emocionais e as leituras biométricas registadas, a par de uma maior maturidade, à data, das ferramentas aplicacionais desenvolvidas.

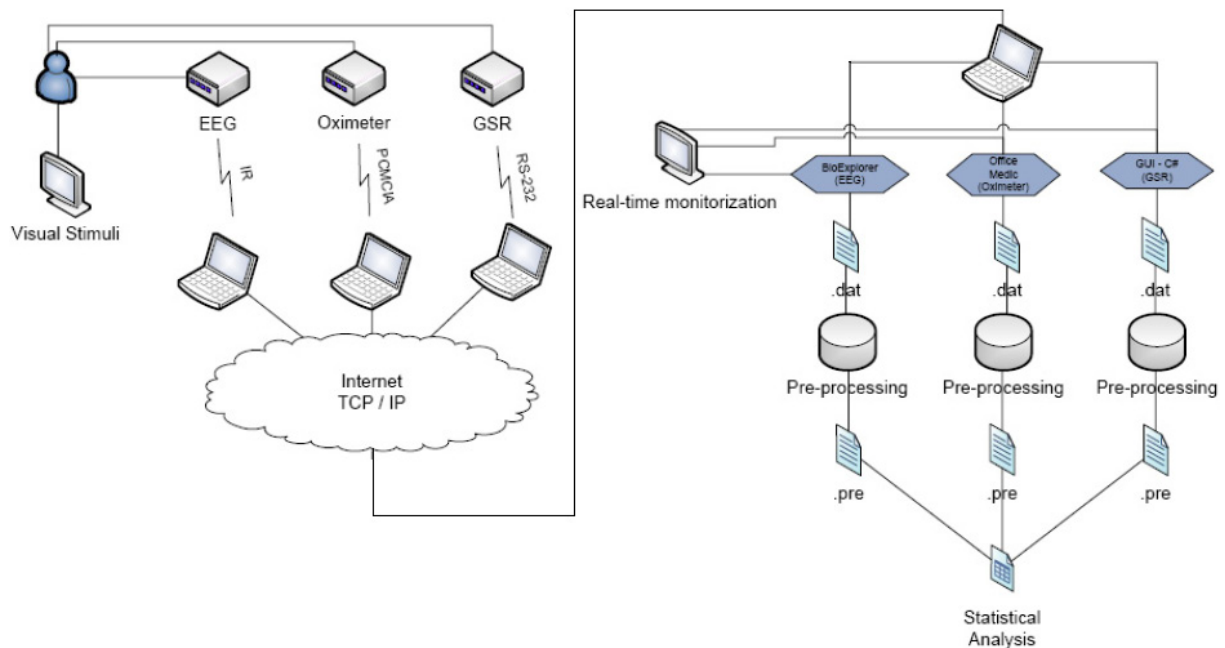


Ilustração 21 – Arquitectura da *Framework* de Desenvolvimento Detalhada para a Condução das Sessões Experimentais Referentes à Abordagem Inicial e Estudo dos Equipamentos

Neste contexto, e privilegiando a análise *offline*, tendo em consideração o processamento de toda a informação recolhida ao longo das sessões experimentais, opta-se pela definição de um protótipo com o objectivo funcional da determinação do estado emocional dominante ao longo das sessões conduzidas. A validade dos resultados seria atestada através do seu confronto com a auto-análise realizada pelos sujeitos das actividades experimentais sob a forma da resposta ao inquérito realizado após as sessões, incluindo em apêndice ao presente documento.

Deste modo e atendendo aos requisitos funcionais da aplicação bem como da necessidade da sua rápida prototipificação para efeitos de prova de conceito, sem posterior necessidade da sua readaptação, procede-se ao seu desenvolvimento em ambiente *Matlab* na sua versão *R2007a*, explorando as metodologias de análise de dados já descritas sendo o mecanismo de classificação baseado na análise de *clusters*, tal como de seguida pormenorizado ao longo dos seguintes parágrafos.

A aproximação por *clusters* consiste num procedimento estatístico que visa o agrupamento de dados relativos a uma ou várias entidades em conjuntos relativamente homogêneos. As diferentes técnicas de *clustering* baseiam a sua acção no estabelecimento de critérios de semelhança entre os diferentes grupos, através da minimização de oscilações intragrupo, maximizando as intergrupo. Pese embora este processo de distinção seja mormente efectuada pela consideração de distâncias entre os elementos sob análise, estes processos podem ser executadas de formas distintas, sendo a sua apresentação reservada mais a jusante.

No âmbito do ambiente desenvolvimento seleccionado *Matlab*, a função *kmeans* é a responsável pela definição e geração de um determinado número específico de grupos de objectos, tendo por base um vector inicial de dados bem como a selecção da técnica de agrupamento a utilizar, sendo que a sua sintaxe se encontra ilustrada através da Equação 4.

Deste modo, a variável *idx* representa a matriz, neste caso específico, de uma única coluna onde se encontram discriminados os grupos atribuídos a cada objecto sendo o vector *C* o representante da coluna com os valores dos centróides. Como centróide considera-se o ponto que representa o centro geométrico do grupo, de tal forma que para o caso em questão, a definição de três grupos distintos conduz à existência de outros tantos pontos centróides, sendo estes usados para a atribuição de um dado objecto a cada grupo, atendendo à sua distância relativa.

$$[idx, C] = kmeans(X, k, 'param1', 'val1', ...)$$

Equação 4 – Sintaxe da Função *kmeans* do *Matlab*

Voltando à análise da Equação 4, importa referir que à direita da afectação encontram-se os parâmetros de entrada da função. Neste campo, a variável *X* representa o vector de dados de entrada sobre o qual a classificação se pretende realizar – no caso em questão consiste nas amplitudes da onda cerebral ao longo de toda a actividade experimental – sendo que o parâmetro *k* especifica a quantidade de grupos que se pretendem criar para proceder ao agrupamento dos objectos. Este número deverá ser objecto de determinação através de uma classificação prévia dos dados de forma gráfica ou analítica[152]. Se esta decisão for efectuada através de uma análise gráfica, poder-se-á recorrer a estratégias de representação como silhuetas, ao passo que a análise numérica poderá ser assente em ordenações, declives, aglomerados entre outras técnicas.

No contexto em questão, a decisão do número de grupos foi efectuada tendo em consideração a análise gráfica conjuntamente com uma abordagem numérica, de forma a permitir a complementaridade dos métodos. Deste modo as metodologias propostas ao longo do ponto 4.2.2, em especial a análise por degraus permitiu a análise gráfica referida. Este processo associado à definição intrínseca das sessões como três etapas distintas correspondente a outros tantos estados emocionais, permite a visualização dos dados biométricos com a interpretação relativa aos estados emocionais subjacentes. O método numérico, através da aproximação do valor médio das amplitudes de cada uma das três zonas referidas, permitiu o reforço da conclusão que a dimensão do número de conjuntos deveria ser de três.

Regressando à descrição da Equação 4, importa referir o conjunto de parâmetros que se lhe encontram associados, sendo que os principais são denominados por *distance* e *start*, objecto de detalhe subsequente. Tal como apresentado através da Ilustração 22, prevêem-se diferentes opções de proceder à computação do cálculo da distância entre os objectos, sendo que foram imediatamente eliminadas as referentes de *Hamming* e *cosine* uma vez que a primeira é apenas adequada para dados binários e a segunda de aplicação complexa ao volume extenso dos dados em análise bem como a redução da medida da distância ao ângulo entre pontos é de interpretação dúbia e desajustada para os valores de amplitude dos canais biométricos registados. O método de *correlation* foi igualmente descartado uma vez que não se pretende apurar a correlação entre pontos sequenciais mas sim agrupá-los de forma a estabelecer uma correlação externa com estados emocionais predominantes. De entre as opções

remanescentes, a *sqEuclidean* diz respeito à distância quadrática euclidianda ao passo que a *cityblock* corresponde à *distância de Manhattan*. Muito embora, *a priori*, a primeira abordagem, por definição, se pareça adequar melhor ao tipo de dados em questão, a decisão de selecção foi baseada nos resultados de semelhança adquiridos através da função de *silhouette*, cujo método de utilização é descrito através da Equação 5.

```
'Distance' - Distance measure, in P-dimensional space, that KMEANS
should minimize with respect to. Choices are:
('sqEuclidean') - Squared Euclidean distance
'cityblock'      - Sum of absolute differences, a.k.a. L1
'cosine'         - One minus the cosine of the included angle
                  between points (treated as vectors)
'correlation'    - One minus the sample correlation between
                  points (treated as sequences of values)
'Hamming'        - Percentage of bits that differ (only
                  suitable for binary data)
```

Ilustração 22 – Propriedades do Parâmetro *distance* da Função *kmeans* do *Matlab*

Deste modo e mediante o cálculo da taxa de semelhança efectuado para cada um dos métodos de apuramento da distância, o consequente apuramento de resultados veio confirmar o conceito inicial da melhor adequação do processo de *sqEuclidean*.

```
[silh1,h] = silhouette(data,idx,'sqEuclidean');
[silh2,h] = silhouette(data,idx,'cityblock');
[mean(silh1),mean(silh2)];
```

Equação 5 – Algoritmo para o Cálculo da Taxa de Semelhança

Deste modo, e tendo-se já procedido às decisões quanto ao número de gupodos a constituir bem como à selecção da estratégia de cálculo da distância entre objectos, encontra-se em falta o estudo e análise do parâmetro *start*, alvo de descrição através da Ilustração 23.

```
'Start' - Method used to choose initial cluster centroid positions,
sometimes known as "seeds". Choices are:
('sample') - Select K observations from X at random
'uniform'   - Select K points uniformly at random from
              the range of X. Not valid for Hamming distance.
'cluster'   - Perform preliminary clustering phase on
              random 10% subsample of X. This preliminary
              phase is itself initialized using 'sample'.
matrix      - A K-by-P matrix of starting locations. In
              this case, you can pass in [] for K, and
              KMEANS infers K from the first dimension of
              the matrix. You can also supply a 3D array,
              implying a value for 'Replicates'
              from the array's third dimension.
```

Ilustração 23 – Propriedades do Parâmetro *start* da Função *kmeans* do *Matlab*

Este parâmetro tem por principal objectivo a especificação da estratégia de determinação das posições iniciais dos centróides dos *clusters*. Face às opções oferecidas, procede-se à selecção da *sample*, uma vez que garante uma escolha completamente aleatória de um número de elementos igual ao número de *clusters* sem qualquer condicionante prévia ao passo que a opção *uniform* implica uma escolha uniforme de *k* pontos ao longo do vector de dados, a estratégia de *cluster* tem um peso computacional elevado face à realização de um processo de *cluster* inicial com dez por cento da amostra – impedindo a sua posterior aplicação a processos em tempo-real, e o método *matrix* implica a especificação de zonas de partida, implicando um conhecimento *a priori* da semântica dos dados.

Deste modo, e face ao exposto e descrito ao longo dos parágrafos anteriores, é com naturalidade que a Equação 6 aplique o método de *clustering* especificando três grupos distintos, elegendo o método da distância quadrática euclidiana para o cálculo da distância entre objectos e tendo como estratégia de escolha inicial de centróides o processo completamente aleatório *sample*. Como valores de retorno deste processo encontram-se as variáveis *idx* e *ctrs* que consistem, respectivamente, índice do grupo a que cada elemento do vector original pertence bem como os valores dos três centróides associados a cada um dos grupos.

```
[idx, ctrs] = kmeans(data, 3, 'dist', 'sqEuclidean', 'start', 'sample');
```

Equação 6 – Algoritmo de Criação dos Grupos no Processo de Clustering

Encerrando-se o processo de apresentação e detalhe da abordagem estatística de classificação conduzida, necessariamente complementada com os métodos numéricas previamente alvo de referência, o protótipo EAT – *Emotion Assessment Tool* – poderá ser resumido, quanto à sua abordagem, num processo contínuo de etapas, contemplando as fases de importação de dados; representação gráfica; remoção e picos; decimação dos dados; classificação quanto ao estado emocional predominante e consequente informação através de interface gráfico.

Face à trivialidade, do ponto de vista científico, das acções relativas à importação de dados e consequente representação e visualização, bem como à prévia enunciação dos mecanismos de processamento dos dados biométricos, concentram-se os esforços de detalhe ao nível do processo de classificação quanto ao estado emocional predominante. Neste campo, importa salientar que se pretende a selecção do estado emocional mais realisticamente vivenciado ao longo de toda a sessão experimental, sendo, no entanto possível existirem janelas temporais nas quais outro estado foi dominante. O principal objectivo geral desta abordagem prende-se com o desenvolvimento de uma prova de conceito relativamente à possibilidade de classificação automática da temática em estudo. Deste modo, procede-se à especificação de quatro *outputs* possíveis relativamente ao processo de classificação:

- Alegria: verifica-se quando o processo de indução emocional correspondente à *alegria* superou a eficácia do correspondente relativo à *tristeza*.
- Tristeza: atribui-se nas situações duais das referidas no ponto anterior.
- Indiferença: verifica-se quando o estado emocional do sujeito não indica qualquer prevalência de um estado relativamente ao outro.
- Inconclusivo: atribui-se quando o processo de classificação determina respostas não coerentes face às ondas cerebrais em análise, mormente correlacionadas com as sessões objecto de descarte.

Tal como exposto através da Ilustração 24, após o carregamento dos dados, previamente armazenados em ficheiro, apresenta-se uma informação resumida quanto à identificação do número da sessão bem como a sua duração – no caso, trata-se da sessão número sete com a duração de trezentos e oitenta segundos. Opcionalmente, é possível a apresentação dos dados no seu formato original e o seu processamento ao nível da decimação e remoção de picos – no exemplo procedeu-se à remoção de picos com posterior decimação em intervalos de vinte segundos. Finalmente, desencadeia-se o processo de classificação com apresentação da análise de *clusters* bem como do estado emocional predominante – no caso tendo-se determinado o estado de *tristeza* como dominante.

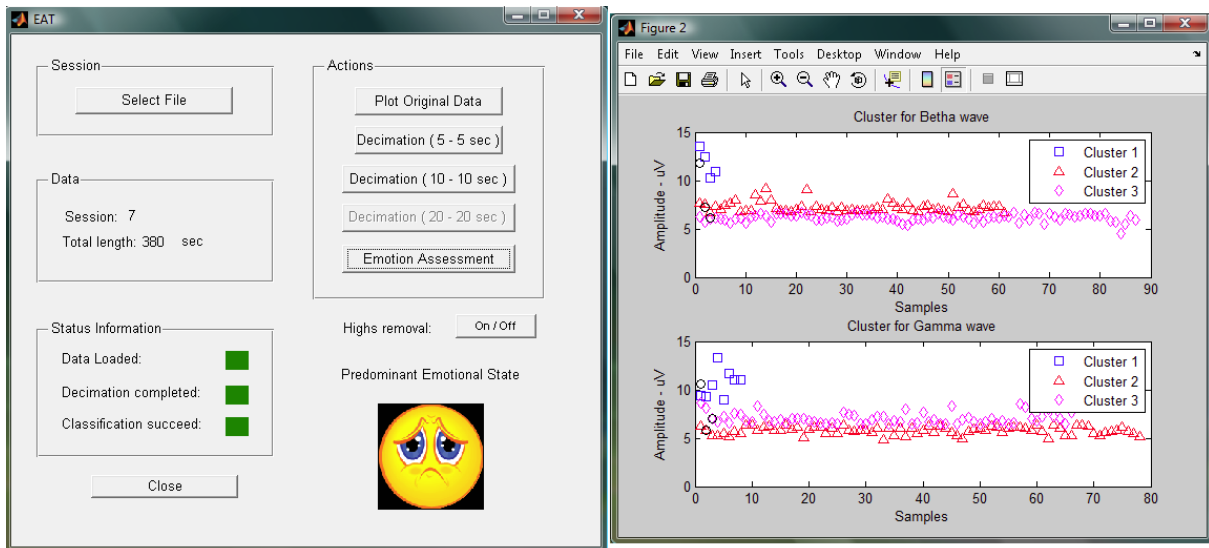


Ilustração 24 – Interface Gráfica do EAT com Representação da Análise de Clusters

Finda a sumária descrição dos mecanismos de interface e processamento de dados da ferramenta EAT, importa proceder à descrição da abordagem seguida relativamente ao processo de classificação. Neste campo, e tendo presente os mecanismos de *cluster* referidos nos parágrafos anteriores, procede-se ao agrupamento dos dados, distribuindo-os por três *clusters* distintos. Considerando as conclusões extraídas a partir das actividades experimentais iniciais – ver 5.2 e 6.2 – e assumindo a existência de uma forte correlação entre os valores da amplitude do sinal da actividade eléctrica cerebral, nomeadamente ao nível das ondas de alta frequência *Beta* e *Gama*, e os valores de *valence* dos estados emocionais, procede-se à elaboração da hipótese que o *cluster* que congrega valores de amplitude mais altos corresponde ao estado de *alegria*, o intermédio relacionado com o estado *neutro* e o que agrupa valores mais baixos associado ao estado de *tristeza*.

A estratégia de classificação baseada em *clusters* visara a eliminação da definição de valores padrão comuns a todos os sujeitos, permitindo, deste modo, a definição dos patamares de acordo com o processo de agrupamento e estratégia de cálculo das distâncias entre objectos.

Deste modo, e face aos resultados tipo alcançados e visíveis através da Ilustração 24, é relevante proceder à especificação do mecanismo de determinação do estado emocional predominante, após a construção e constituição dos três *clusters*. Procedendo à enumeração de cada um destes de forma ascendente de acordo com os valores de amplitude, por outras palavras, sendo o *cluster* número um o associado ao estado de *tristeza* e o número três o relacionado com o estado de *alegria*, e atendendo ao facto de realizar a análise diferenciada por onda, identificou-se os dados da onda *Beta* com a letra *B* e os da onda *Gama* com a letra *G*.

Com esta informação, e tal como ilustrado através da Equação 7, procede-se ao cálculo do posicionamento dos diferentes *clusters*, através da posição dos respectivos centróides, bem como da sua dimensão, isto é, qual o número de elementos em cada um. Estes dados são então posteriormente utilizados para a determinação do estado emocional predominante indicado por cada uma das ondas cerebrais.

$$\begin{aligned} pos_Ctrs_beta &= [posB_C1 ; posB_C2 ; posB_C3] \\ pos_Ctrs_gama &= [posG_C1 ; posG_C2 ; posG_C3] \\ length_beta &= [C1B ; C2B ; C3B] \\ length_gama &= [C1G ; C2G ; C3G] \end{aligned}$$

Equação 7 – Centróides e Dimensão dos *Clusters*

Deste modo, desenha-se o processo de classificação, de uma forma empírica, sustentada através dos resultados das actividades experimentais, sendo passível de descrição mediante os seguintes princípios:

- Sempre que a dimensão do *cluster* número dois for simultaneamente superior às dos restantes *clusters*, diz-se que estamos em presença do estado predominante de *indiferença*;
- Se, e por esta ordem, a dimensão do *cluster* número três assumir um peso relativo superior a dez por cento, conclui-se que o estado emocional predominante é o de *alegria*;
- No caso inverso, isto é, se a dimensão do *cluster* número três assumir um peso relativo igual ou inferior a dez por cento, determina-se que o estado emocional predominante da sessão é o de *tristeza*.

Atendendo ao facto que este processo é realizado em paralelo para as duas bandas analisadas, *Beta* e *Gama*, verificou-se vital procedera um processo de harmonização de resultados que, mediante as conclusões de cada uma análises singulares determina o estado emocional predominante. Face à possibilidade de verificação de incongruência entre os resultados parciais, foi necessário prever a adição de um novo estado *inconclusivo*.

Deste modo, e sem prejuízo da análise detalhada efectuada através da Ilustração 25, onde os diferentes casos são graficamente apresentados e descritos, a informação referente à análise dual é congregada da seguinte forma:

- Sempre que as conclusões parciais são iguais, a determinação do estado emocional predominante segue uma delas;
- Nas condições em que uma das conclusões parciais é de *indiferença* e a outra é diferente de *indiferença*, a conclusão final segue a indicação da indicação parcial conclusiva;
- Nos casos em que as conclusões parciais são contraditórias, isto é, uma delas indica como estado emocional predominante *alegria* e a outra *tristeza*, o processamento final conduz ao novo estado *inconclusivo*.

De acordo com o *output* seleccionado, é apresentada, tal como visível através da Ilustração 24, uma imagem *cartoonizada* referente ao estado emocional predominante da sessão experimental carregada. Com este último passo complementa-se a descrição da ferramenta EAT, desde o carregamento dos dados à divulgação do resultado do processo de classificação.

Seguindo o princípio agora enunciado, sendo este complementado previamente com o pré-processamento dos dados, através das técnicas já referidas, alcançou-se a primeira abordagem consistente ao nível da classificação de estados emocionais humanos, resultantes do visionamento de conteúdos multimédia por meio da monitorização de sinais biométricos.

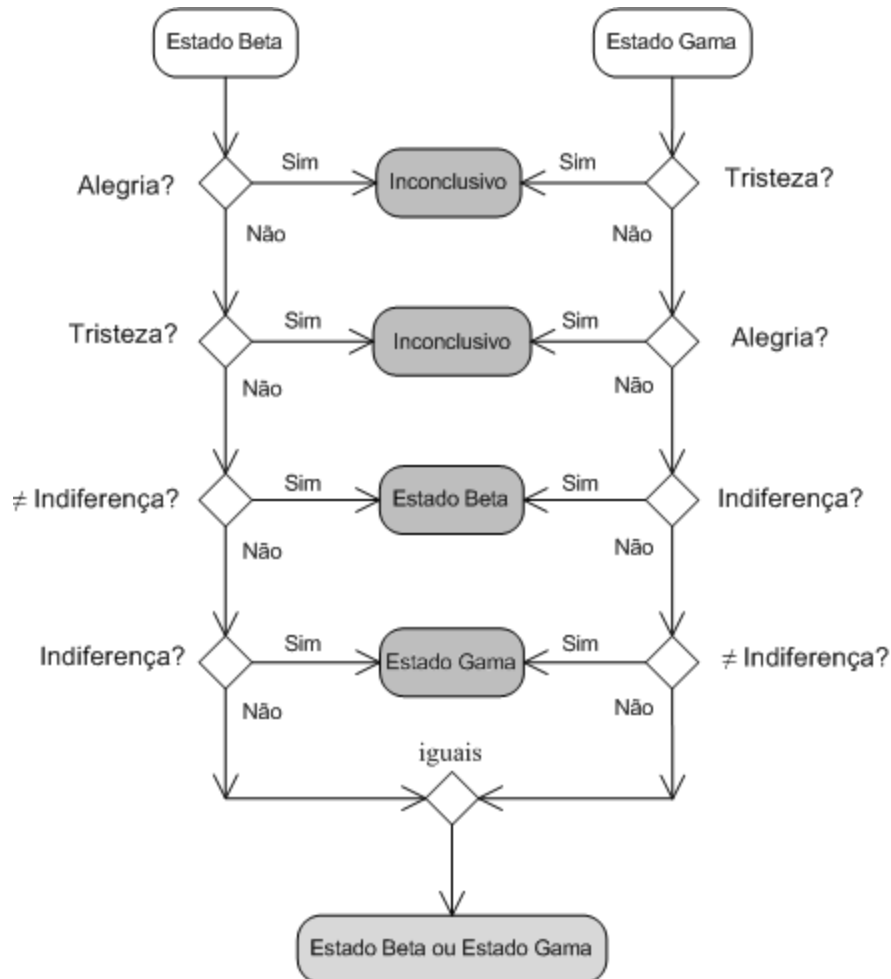


Ilustração 25 – Diagrama UML Referente ao Processo de Decisão do Estado Emocional

Tal como efectuado nos pontos anteriores e assegurando a filosofia de exposição que rege o presente documento, procede-se à discriminação dos resultados alcançados através da abordagem proposta, bem como da análise crítica aos mesmos nos pontos para tal definidos – ver 5.3.1 e 6.3.1.

4.2.3.2 BioStories sobre IAPS Library

Atendendo aos resultados da abordagem descrita no ponto anterior, e da sua consequente análise crítica, sentiu-se a necessidade de, por um lado, fechar o ciclo de informação previsto inicialmente, permitindo a selecção e apresentação dinâmica dos conteúdos multimédia de acordo com o estado emocional detectado, e por outro que este processamento dos dados biométricos fosse realizado completamente em tempo real, tendo-se reformulado o conjunto de canais a monitorar, procedendo-se à eliminação do EEG como forma viável e prática de classificação emocional em tempo real, pelas razões apresentadas ao longo do ponto 6.3.1, e incorporando diversas fontes em simultâneo, potenciando assim o processo de classificação emocional através de fusão sensorial dos canais de entrada.

Importa ainda referir que a definição deste primeiro protótipo teve como objectivo principal não o de propor um completo mecanismo de classificação de estados emocionais mas sim o de proporcionar uma base de prova de conceito relativamente à abordagem integrada da arquitectura proposta, com recurso a múltiplos canais biométricos e busca e apresentação, em tempo real dos conteúdos multimédia. Pretende-se, igualmente, com este protótipo testar os níveis de indução e intensidade emocional alcançáveis através da apresentação de imagens fotográficas.

Tendo em consideração estes pressupostos, a arquitectura de base do projecto é a apresentada através da Ilustração 5, havendo apenas recurso aos canais biométricos correspondentes ao oxímetro Oxocard® e ao ThoughtStream GSR – já referidos e sumariamente descritos no ponto 4.2.1, sendo que as especificações técnicas se encontram apresentadas em apêndice. Relativamente aos conteúdos multimédia, tal como já referido, estes baseiam-se exclusivamente nas imagens presentes na biblioteca *International Affective Picture System*, da Universidade da Florida, igualmente já objecto de referência. Neste caso em particular, procedeu-se à utilização completa do seu espectro, não se tendo realizado qualquer filtragem de conteúdos à excepção do género do utilizador, tal como efectuado na condução das sessões experimentais exploratórias ou no protótipo prévio. Esta opção prende-se com o facto da intenção de maximizar a gama de imagens admissíveis de selecção pelo mecanismo responsável por este processo, de forma a evitar situações de repetição de conteúdos ou mesmo ausência dos mesmos.

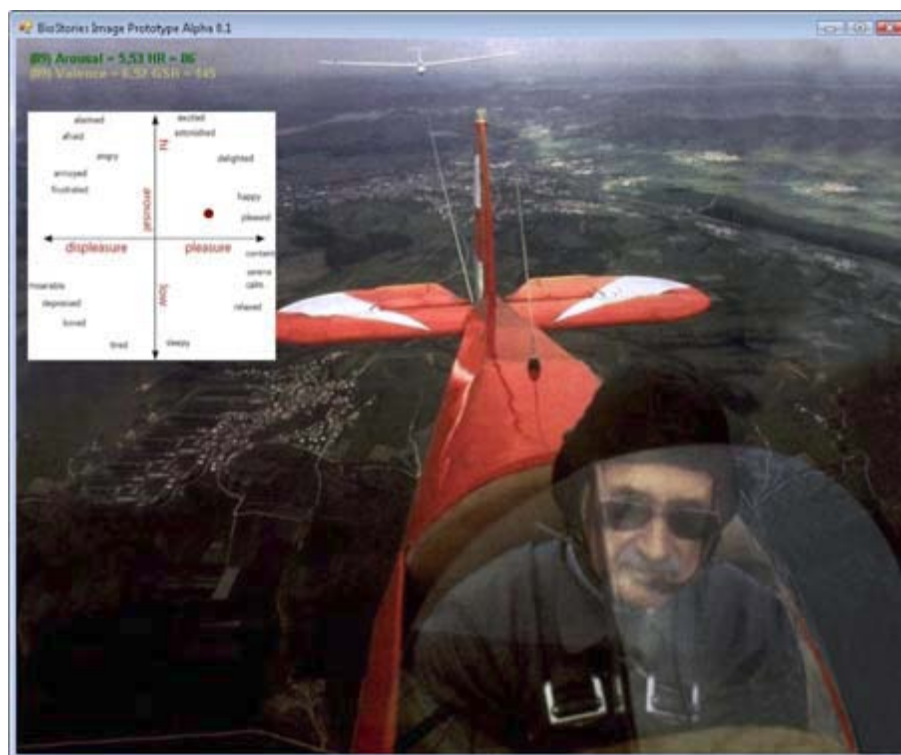


Ilustração 26 – Interface Gráfica do Protótipo BioStories sobre IAPS Library

Deste modo, e tal como visível através da Ilustração 26, procede-se à classificação dos estados emocionais do utilizador com recurso ao modelo bidimensional de Russell, sendo que o actual estado é representado através da círculo vermelho. Uma vez mais lembrando que o objectivo primário deste protótipo não fora o de propor um método completo de classificação emocional mas sim de aferir a adequabilidade dos canais biométricos bem como do modelo

emocional de base e ainda do fecho do fluxo de informação, descreve-se, de seguida a metodologia de classificação emocional. Atendendo à bidimensionalidade do modelo circunplexo de Russell adoptado, através da disposição das emoções por um plano definido pelos eixos de *arousal* e *valence*, tal como visível na Ilustração 26, procede-se à afectação de cada um dos canais biométricos a cada um dos eixos, sendo atribuído directa correlação entre a *valence* e os sinais de GSR; e o ritmo cardíaco aos níveis de *arousal*. O resultado da normalização para o intervalo de [1,9] destes pares de valores são então traduzidos para coordenadas cartesianas do plano de Russell, resultando na classificação em tempo real dos estados emocionais unicamente tendo por base as leituras dos sinais biométricos.

De forma a que a descrição do processo completo seja mais inteligível, apresenta-se, através da Ilustração 27, o modelo conceptual da base de dados de suporte ao protótipo de forma a potenciar a clarificação de alguns detalhes técnicos pertinentes que definem a abordagem proposta. Deste modo, importa, em primeiro lugar, analisar as entidades à direita do esquema, representando a descrição dos conteúdos em base de dados, do ponto de vista emocional – *valence*, *arousal* e *dominance* – de forma diferenciada por género e uma classificação global. Estes dados encontram-se complementados com identificadores, descrição textual e a própria informação relativa à codificação do conteúdo. De forma opcional é possível proceder à categorização das imagens em categorias através da definição de níveis de tolerância em torno dos parâmetros já referidos.

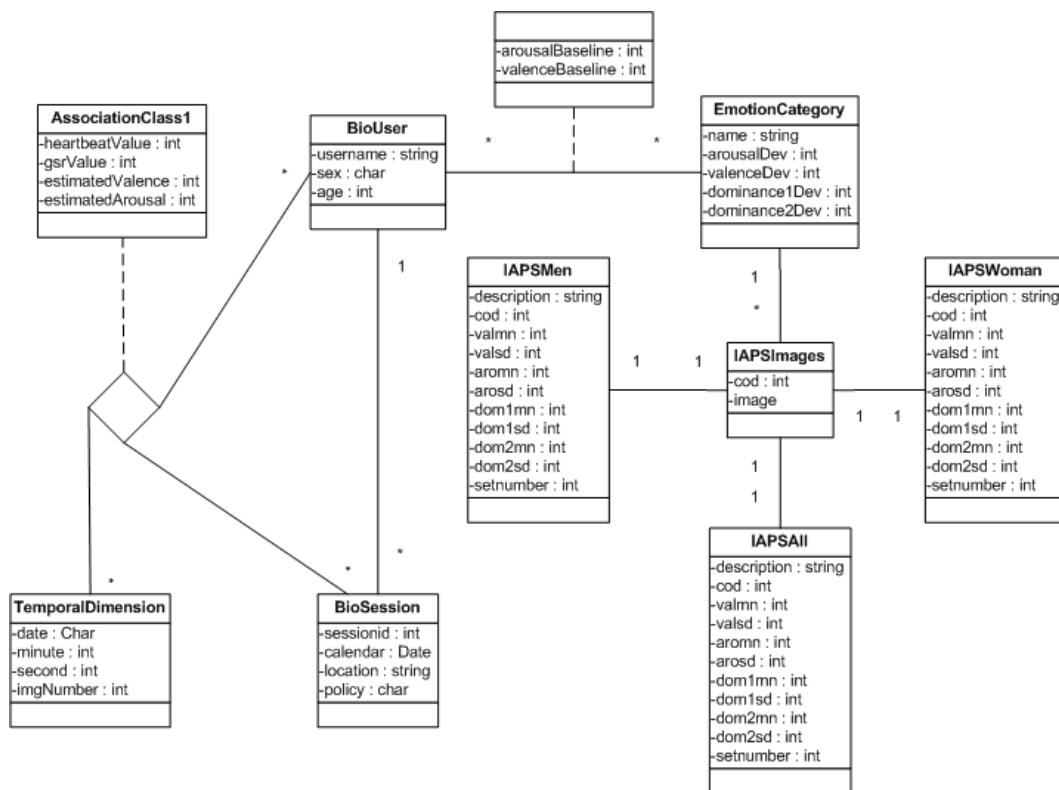


Ilustração 27 - Modelo Conceptual da Base de Dados de Suporte ao Protótipo BioStories sobre IAPS Library

Do lado esquerdo do esquema é apresentado o modelo de registo de utilizadores bem como dos sinais biométricos alvos de recolha ao longo das diversas sessões. Para cada par utilizador/categoria é ainda definida uma linha de base para cada dimensão do modelo de Russell adoptado, especialmente útil na determinação do actual estado emocional através do processo de cálculo e normalização dos valores de *valence* e *arousal*.

Pese embora os mecanismos de interacção tenham já sido alvo de publicação aquando do seu desenvolvimento [136], importa, neste ponto, proceder à descrição dos seus princípios basilares uma vez que estes foram, na sua maioria reutilizados, com as devidas edições e adaptações, na versão final do protótipo *BioStories*, aliás descrito na secção seguinte. Deste modo, e atendendo, quer à arquitectura de base proposta e utilizada, quer ao modelo conceptual da base de dados, e quer à captura de ecrã respeitante à interface gráfica, o sistema inicia o processamento pela recolha, distribuição, processamento e armazenamento dos sinais biométricos referentes ao ritmo cardíaco e à resposta galvânica da pele. Tendo o registo quanto à informação de linha de base de cada utilizador, procede-se à normalização dos valores de *valence* e *arousal* através de uma relação directa entre os sinais biométricos e os parâmetros do modelo emocional, tal como previamente descrito.

Importa nesta fase, providenciar a informação da metodologia proposta para a definição das linhas de base para cada utilizador. Este processo é realizado através da identificação, de forma mandatária aquando da primeira utilização do sistema, e opcionalmente nas seguintes e durante o decorrer das sessões experimentais, por parte do utilizador do seu actual estado emocional mediante o *clique* directamente sobre a zona da imagem representante da distribuição dos estados emocionais segundo o modelo circumplexo de Russell. Este processo pode ser repetido ao longo da sessão de forma a melhor afinar o processo de classificação sempre que o utilizador se aperceba de um claro desvio entre o teor emocional dos conteúdos e o seu corrente estado emocional.

Esta informação de *linha de base* é utilizada, em conjugação com os sinais biométricos medidos aquando do instante da sua definição, para o processo de conversão e normalização das subseqüentes leituras dos canais biométricos em valores de *valence* e *arousal* e, consequentemente, na definição do ponto cartesiano identificador do actual estado emocional do utilizador. O resultado deste processo é então considerado como dado de entrada para o processo de selecção e apresentação do próximo conteúdo, sendo a sua identificação realizada de forma aleatória de entre aqueles que se encontrem na zona emocional elegível. Este conceito pode ser definido como uma área cujos contornos são calculados com uma margem de vinte por cento em torno dos valores de *arousal* e *valence* computados para o corrente estado emocional do utilizador, sendo que todas as imagens da biblioteca *IAPS* que se encontrem nesta zona – de acordo como género do utilizador da sessão – são consideradas válidas para o processo de eleição que é realizado de forma completamente aleatória de entre este grupo. Cada imagem objecto de selecção é apresentada durante seis segundos através do mecanismo de visualização, sendo que após este momento, todo o processo é repetido iterativamente.

O ciclo imediatamente descrito resulta do mecanismo de adaptação dos conteúdos multimédia ao estado emocional dos utilizadores e permite a aferição da taxa de sucesso da metodologia proposta para a classificação emocional. No entanto, esta versão do protótipo visara, igualmente, a determinação da adequabilidade da utilização de conteúdos somente baseados em imagens como aproximação eficaz do ponto de vista de desencadeamento de respostas verídicas e intensas sob o prisma emocional. Deste modo, foram igualmente definidas estratégias de imposição de determinados estados emocionais através da pré-selecção de zonas do plano emocional do modelo adoptado de forma a aferir o sucesso ao nível da indução emocional, para além da já referida necessidade de classificação em tempo real. Os resultados de todos estes factores e objectivos são objecto de discriminação ao longo do ponto 5.3.2 sendo que a sua apreciação crítica fica reservada para o ponto 6.3.2.

4.3 BioStories em Ambiente Imersivo 3D – sobre Flight Simulator X

Esta secção é dedicada à apresentação e descrição da mais recente versão do protótipo *BioStories* que visa a congregação dos ensinamentos retirados de todas as actividades experimentais; versões anteriores dos protótipos; e implementações e variantes da *framework* de desenvolvimento. Deste modo, importa compreender as opções tomadas nesta proposta final como o culminar das abordagens pretéritas, não devendo, contudo, compreender-se esta versão como última, em termos absolutos, mas sim como a prova de conceito definitiva tendo em consideração os objectivos do presente trabalho.

Após a realização da contextualização global do protótipo bem como o seu enquadramento em termos de objectivos, propósitos e linha evolutiva, importa, em primeiro lugar, proceder à sua descrição do ponto de vista arquitectural. Neste prisma, procedeu-se, tal como nas versões anteriores, à reutilização da arquitectura da *framework* originalmente definida, no entanto, desta feita, com a incorporação de diversas *nuances* de forma a otimizar determinados aspectos e debelar os identificados pontos de estrangulamento do sistema.

Especificamente, a arquitectura geral da plataforma é a apresentada através da Ilustração 6, e já previamente descrita ao longo da secção 3.2., caracterizando-se, em primeira linha pela completa substituição dos equipamentos de aquisição de dados biométricos bem como do protocolo de comunicação de dados. Os resultados obtidos através das propostas anteriores, à luz das conduzidas análises críticas, revelaram a necessidade da alteração do conjunto de canais biométricos para outros mais sensíveis a alterações emocionais, bem como a urgência no incremento dos níveis de usabilidade do *hardware* colector, especificamente ao nível da sua dimensão, número e protocolo de transmissão de dados.

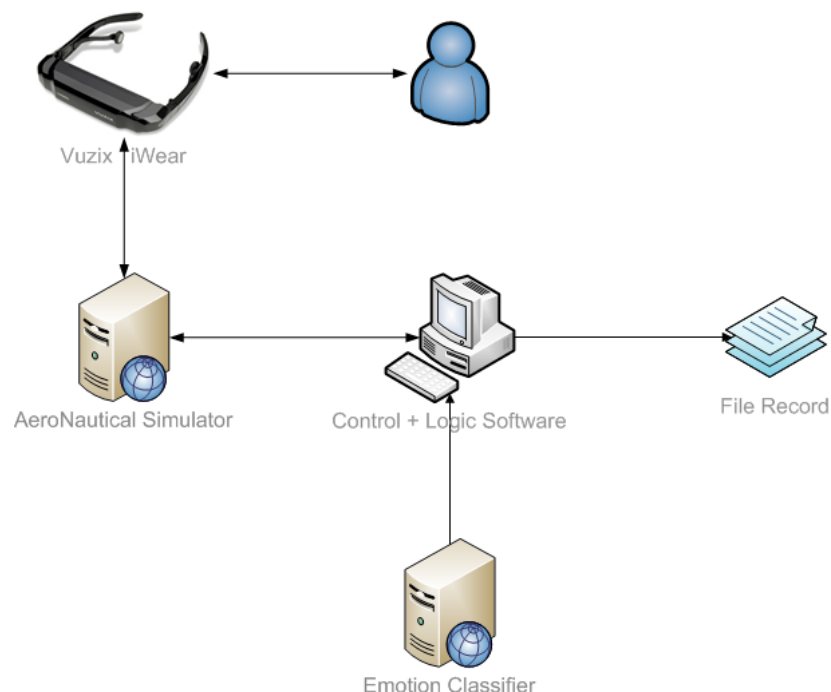


**Ilustração 28 – Componente de Visualização da Arquitectura da *Framework*
Instanciada ao Protótipo *BioStories* em Ambiente Imersivo 3D**

Para o efeito foi seleccionado e adquirido o Nexus-10 – cujas especificações técnicas são apresentadas em apêndice – permitindo não só a concentração de diversos canais biométricos como, igualmente, a transmissão sem fios dos dados através do protocolo Bluetooth.

O conjunto de canais biométricos alvos de monitorização e recolha foi alargado e diversificado mediante o recurso à frequência e amplitude de respiração, temperatura da pele, bem como da manutenção da resposta galvânica da pele.

Ainda inserida na temática da arquitectura da plataforma, procedeu-se a uma importante alteração ao nível, quer da natureza dos conteúdos multimédia, quer, especialmente, ao nível do recurso dos dispositivos de visualização. Neste domínio, e de forma a ultrapassar as limitações identificadas previamente relacionadas com a estaticidade e unidimensionalidade dos conteúdos apresentados, conduziu-se a uma completa substituição da biblioteca multimédia anteriormente utilizada, tendo-se adoptado um simulador aeronáutico amplamente configurável em tempo real como fonte geradora de conteúdos multimédia. Pese embora a descrição da mecânica de interacção esteja reservada para os parágrafos subsequentes, importa, nesta fase introdutória, referir que o motor eleito foi o Microsoft Flight Simulator X com recurso à SimConnect API como mecanismos primário de controlo das simulações aeronáuticas.

De forma complementar e exponenciadora do grau de imersividade e realismo das sessões experimentais, promoveu-se a substituição dos tradicionais mecanismos de visualização em monitor pelo dispositivo de visualização imersivo com rastreamento posicional tridimensional da posição do utilizador. Através da utilização dos óculos *iWear* da *Vuzix*, cujas especificações técnicas se encontram descritas em apêndice, foi possível não só proporcionar a visualização da simulação aeronáutica num ecrã equivalente de grandes dimensões, mas sobretudo, dotar o utilizador da capacidade de movimentação da cabeça segundo os três eixos, sendo que a reprodução da sua movimentação é realizada em tempo real igualmente na simulação, alterando, dinamicamente o ponto de vista dentro do *cockpit* da aeronave.

As restantes edições ao desenho original não são significativas e derivam da necessidade de proceder a desenvolvimento locais relacionados com a integração dos novos componentes físicos e lógicos, já identificados. Não obstante estas alterações, o princípio basilar e orientador da plataforma não sofre qualquer desvirtuação, pelo que estes desenvolvimentos vêm corroborar a sua flexibilidade e capacidade de adaptação, quer no curto, quer, especialmente a longo prazo.

Uma vez enunciadas as principais novidades ao nível da arquitectura e dos conteúdos multimédia gerados e apresentados, importa referir a reformulação, privilegiando a continuidade, da interface gráfica de controlo das sessões, tendo por base a experiência adquirida aquando do desenvolvimento e teste do protótipo *BioStories* sobre a *IAPS Library*. Neste domínio em particular e tal como visível através da Ilustração 29, procede-se à manutenção da adopção do modelo circunplexo de Russell como base da visualização e classificação emocional. O processo de *self assessment* é igualmente continuado, sendo o utilizador responsável por seleccionar directamente sobre o plano representativo do espectro emocional aquele que melhor julga representar o seu estado emocional actual – aquando do início da sessão. Deste modo, o processo de calibração inicial do sistema é semelhante. No entanto verificam-se, a este nível importantes reformulações, nomeadamente no que se refere à possibilidade de contínuo refinamento do processo de classificação, uma vez que o utilizador tem a possibilidade de *forçar* a classificação emocional apontando ao longo da simulação qual o seu estado emocional, sempre que assim o deseje e que este seja significativamente díspar do determinado pelo sistema. Assim sendo, o ponto vermelho representa o estado emocional inicial – ou actualizado – apontado pelo utilizador, e o ponto azul respeita ao actual estado emocional, calculado autonomamente pelo sistema.

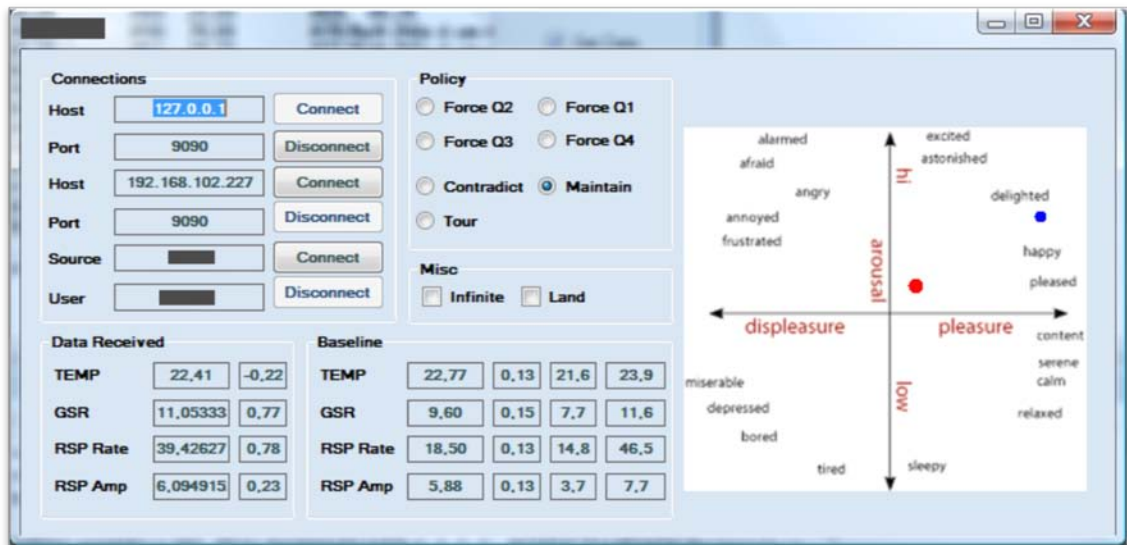


Ilustração 29 – Interface Gráfica do Protótipo *BioStories* em Ambiente Imersivo 3D

De um ponto de vista mais técnico e intimamente ligado à arquitectura proposta, no canto superior esquerdo da interface gráfica de monitorização, tal como patente através da Ilustração 29, é possível a configuração e especificação das referências dos módulos distribuídos, nomeadamente ao nível do componente responsável pela geração e apresentação dos conteúdos multimédia bem como da base de dados de registo dos dados biométricos colectados e processados.

Numa posição central à interface, encontra-se o painel de configuração da política emocional a implementar. A este nível é possível a especificação dos estados emocionais que deverão ser espoletados ao longo das sessões experimentais. Especificamente é possível a marcação estática de um determinado quadrante emocional, ou, por outro lado, permitir uma alocação dinâmica baseada na manutenção ou contrariação do corrente estado emocional ou, em alternativa, proceder ao percurso por todos em ciclo. De notar que esta parametrização do processo pode ser efectuada, editada e cancelada em tempo real ao longo de toda a sessão experimental.

No grupo imediatamente abaixo do anterior, é possível proceder à especificação de dois parâmetros acessórios relativos à simulação aeronáutica e directamente relacionados com a condução das sessões experimentais. Neste domínio, é permitida a edição em tempo-real, em qualquer fase do processo, da fase da simulação quanto à sua duração, sendo possível, por um lado precipitar o processo de aterragem, ou, no sentido oposto, adiar este estágio da simulação por período indeterminado até instrução contrária.

Pese embora a importância operacional dos componentes de interacção mencionados e descritos nos parágrafos prévios, a componente mais nobre da interface reside nos dois grupos situados na zona inferior da mesma, uma vez que estão intrinsecamente relacionados com o processo de classificação emocional proposto, aliás, alvo de detalhe subsequente. O grupo de dados do lado esquerdo espelha a informação adquirida em tempo real referente aos canais biométricos monitorizados: temperatura da pele; resposta galvânica da pele; volume e frequência da respiração. Todos os valores são expressos quer em valores absolutos, quer em valores normalizados para o intervalo $[-1;1]$ de acordo com o algoritmo proposto ao longo dos parágrafos seguintes.

$$\begin{aligned}
(a) \quad c_1Max &= \text{MathMax}(c_1Max, \text{Sample}[c_1Index]) \\
(b) \quad c_1ScaleUp &= \frac{1 - baseLineNorm.Axis}{c_1Max - baseLineSample[c_1Index]} \\
(c) \quad c &= \text{Sample}[c_1Index] - baseLineSample[c_1Index] \\
(d) \quad c_1Norm &= baseLineNorm.Axis + c_1ScaleUp \times c
\end{aligned}$$

Equação 8 – Modelo de Escalonamento Dinâmico dos Dados Biométricos

Ao centro, encontram-se os valores correspondentes à linha de base adquirida e calculada aquando do processo de *self assessment* conduzido pelo utilizador. A primeira coluna da matriz indica os valores absolutos registados para cada canal biométrico; a segunda apresenta os mesmos valores normalizados para a escala [-1;1] segundo a conversão linear do ponto cartesiano apontado ao nível do plano emocional de Russell, apresentado à direita, através do ponto vermelho; sendo que as duas últimas colunas representam os valores absolutos dos limites do intervalo, para cada canal.

O processo de determinação dos valores limites do intervalo para cada canal biométrico consiste, essencialmente no cálculo de uma margem de tolerância inicial centrada nos valores lidos no momento da especificação do estado emocional inicial. O valor da margem inicial foi escolhido empiricamente como vinte por cento do valor nominal colectado, considerando quer oscilações positivas, quer variações negativas. Desta forma, e exemplificando, para o caso apresentado através da Ilustração 29, a leitura inicial da temperatura da pele foi de vinte e dois ponto setenta e sete graus Célsius, tendo sido automaticamente especificado uma margem de quatro ponto cinquenta e cinco para ambos os lados, resultando nos limites ilustrados de linha de base de vinte e um ponto seis e vinte e três ponto nove. Pese embora igual procedimento seja alvo de aplicação para os restantes canais biométricos, esta metodologia não restringe que as leituras subsequentes estejam confinadas ou sejam escalonadas estanquemente para o intervalo determinado, ao passo que, simultaneamente, este processo foca a sua atenção nas variações registadas ao nível dos sinais biométricos ao invés de concentrar o processo de classificação emocional em referenciais absolutos.

Tal como referido anteriormente, a metodologia proposta baseada na definição, por sessão, dos intervalos admissíveis para o processo de normalização não colide com a total permissão de oscilação biométrica. De modo a conjugar estes dois mecanismos, aparentemente paradoxais, é para tal proposto o processo de escalonamento dinâmico, cuja formalização matemática se encontra exposta através da Equação 8. Para cada canal biométrico monitorizado c_i é comparada sua última leitura com o valor máximo do intervalo nesse momento – Equação 8(a) – sendo que o processo dual é efectuado para os limites inferiores. No caso de se verificar um extravasamento do intervalo definido, procede-se ao cálculo do novo factor de escalamento para a dimensão em causa, tornando o espectro do semi-intervalo em causa necessariamente mais denso fruto da redução do factor $c_iScaleUp$ por via do incremento do denominador da fracção – Equação 8(b). De referir ainda que todo este processo se encontra intimamente ligado ao mecanismo de definição prévia de normalização da linha de base calculada a partir do processo de *self assessment*, tal como as autoexplicativas variáveis *baseLineNorm* e *baseLineSample* comprovam. Os passos

subsequentes são de interpretação mais directa e consistem no cálculo da variação registada para o canal biométrico – Equação 8(c) – e a sua consequente normalização à luz dos factores de escala eventualmente recalculados – Equação 8(d). A metodologia proposta referente ao processo de escalonamento dinâmico, não só permite a abertura dos intervalos de leitura sem comprometer a especificidade das linhas de base de cada utilizador como permite a introdução de um factor de progressividade e adaptabilidade de todo o processo de classificação emocional uma vez que a densidade do espectro do intervalo é variável e independente quanto à direcção da oscilação.

Esta abordagem dinâmica é especialmente importante para o processo de fusão sensorial, cerne da metodologia proposta de classificação emocional. O mecanismo basilar consiste na utilização do modelo bidimensional de Russell, nomeadamente na interpretação do estado emocional como um ponto cartesiano no plano. A afectação de cada eixo coordenado a uma dimensão emocional – eixo xx a *valence* e yy a *arousal* – permite raciocínio análogo quanto aos mecanismos de afectação dos canais biométricos à deslocação de um ponto ao longo dos eixos. Para os devidos efeitos considera-se que o canal de resposta galvânica da pele se encontra intrinsecamente ligado aos valores de *valence*, determinando assim a deslocação ao longo do eixo dos xx , sendo que variações positivas relativas aos níveis de sudção representam variações negativas dos valores de *valence*, tipicamente associadas a baixos níveis de prazer ou grau de agradabilidade da situação. Por seu turno, as leituras dos restantes canais biométricos – temperatura da pele; volume e frequência respiratórias – são interpretados como tendo igual peso na determinação das oscilações emocionais ao longo do eixo dos yy , associando variações positivas dos seus valores a oscilações no mesmo sentido do valor de *arousal*. Todo este processo encontra-se assente na proposta de normalização com escalonamento dinâmico tendo como ponto de partida o processo de *self assessment* conduzido, sendo este ponto o culminar do processo descrito, sendo apresentado ao utilizador através do ponto azul directamente sobre o diagrama do modelo de Russell.

Considera-se, igualmente, digno de referência, pela sua relevância operacional, que este processo de *self assessment* conduzido pelo utilizador, pese embora seja mandatário para a calibração inicial do sistema, este é passível de ser repetido a qualquer momento durante a sessão experimental. Deste modo, torna-se possível o refinamento constante do processo de classificação, devendo ser accionado sempre que o utilizador detecte uma deriva significativa da classificação emocional; ou nas circunstâncias em que o conteúdo multimédia apresentado lhe seja desconfortável, influenciando, assim explicitamente, a geração dos conteúdos. Esta última forma de interacção deverá ser evitada de forma a promover a manutenção da interacção no domínio do subconsciente não de forma ostensiva e determinada. No entanto, considera-se que este mecanismo para além da natural potenciação do sucesso da classificação emocional, introduz um controlo adicional de segurança para o próprio utilizador final do sistema.

Como último módulo do protótipo, encontra-se o controlador do simulador aeronáutico, responsável, em última instância, pela geração e apresentação dos conteúdos multimédia. Com o intuito primário de aumentar o grau de realismo e imersividade da experiência, aliás necessidade extraída a partir da análise crítica aos resultados alcançados com as versões anteriores do protótipo, optou-se pelo enriquecimento dos conteúdos através da geração em tempo real de um ambiente realista de simulação aeronáutica, na qual o utilizador é colocado no *lugar* de piloto da aeronave, directamente no *cockpit*. Para a sensação de realismo ser potenciada, e tal como patente através da Ilustração 29, faz-se recurso, como mecanismo de

visualização, ao equipamento da Vuzix de visor de proximidade com rastreamento da posição e orientação da cabeça do utilizador numa perspectiva tridimensional. Este registo contínuo relativo a *roll*, *pitch* e *yaw* é transmitido, em tempo-real para o visualizador do simulador aeronáutico que os mapeia directamente na câmara do ambiente virtual, replicando os movimentos reais do utilizador em virtuais do *piloto*. Este factor associado a que a imagem projectada nos óculos de visualização ocupa quase a totalidade do campo visual do utilizador, potencia, a grande escala, o nível de imersividade da experiência, cujo objectivo primário é o de permitir o espoletar e vivenciar de registos emocionais mais vigorosos, vincados e objectivos. Deste modo, e face ao exposto, a opção técnica recaiu sobre a reutilização do componente responsável pela simulação aeronáutica e consequente geração dos conteúdos multimédia, tendo-se para tal, adoptado o *Microsoft Flight Simulator X*, sendo a interface entre o módulo e o sistema de controlo através da *SimConnect API*, igualmente fornecida com o motor de simulação aeronáutica.

O princípio basilar do protótipo reside no facto de grande parte das condições, parâmetros e variáveis de voo, serem totalmente controladas de forma subconsciente e nunca explicitamente pelo utilizador, unicamente através do seu estado emocional corrente. Tal como descrito em parágrafos anteriores, aquando da descrição da interface gráfica do componente de administração do protótipo, o resultado do processo de classificação emocional é conjugado com a política emocional da sessão – controlada pelo supervisor da mesma – resultando na determinação do quadrante emocional alvo.



Ilustração 30 – Rotas Definidas da Simulação Aeronáutica

Tendo este processo presente, a Ilustração 42 apresenta as duas rotas principais do protótipo, sendo que a rota A é desenhada para proporcionar baixos níveis de *arousal*, ao invés da rota B cuja conjectura prevê inúmeras curvas e passagens a baixa altitude com grande visibilidade do solo e relevo das ilhas do arquipélago dos Açores.

Para além do cenário e das rotas definidas pela aeronave, os parâmetros relacionados com as condições atmosféricas e aspectos de manobrabilidade do aparelho são igualmente determinados pelo estado emocional do utilizador. Mais especificamente, é possível a definição de céu limpo oscilando entre nevoeiro intenso e tempestade com chuva e ocorrência de trovoadas; total configuração da velocidade do vento com influência directa no nível de turbulência sentido no interior aeronave; bem como parâmetros de definição do nível de agressividade das manobras do aparelho tais como níveis máximos de *bank*, *yaw*, *heading*, velocidade e altitude. Esta informação encontra-se condensada e resumida de forma tabular através da Tabela 3, entidade onde é apresentado, para cada quadrante e consequente estado emocional predominante, qual a parametrização da simulação aeronáutica.

Tabela 3 – Sumário da Parametrização da Simulação Aeronáutica

Quadrante	Posição no Modelo de Russell	Rota	Condições Atmosféricas	Manobrabilidade
1º Quadrante	Topo - Direita	Em 8 -Fig. B	Céu Limpo	Max Bank + Yaw Damper
2º Quadrante	Topo - Esquerda	Em 8 -Fig. B	Tempestade + Trovada	Max Bank + Yaw Damper
3º Quadrante	Baixo - Esquerda	Oval - Fig. A	Frente Fria	Piloto Automático
4º Quadrante	Baixo - Direita	Oval - Fig. A	Céu Limpo	Piloto Automático

Não obstante a importância das componentes do protótipo *BioStories* em ambiente imersivo tridimensional, a vertente mais relevante respeita à sua conjugação harmónica, possibilitando a realização última da metodologia inicialmente prevista e definida aquando da formalização da temática do trabalho – selecção e geração de conteúdos multimédia dinâmicos adaptados ao estado emocional dos utilizadores tendo por base a monitorização de sinais biométricos.

Pese embora a observação crítica realizada no parágrafo anterior, reserva-se, tal como apanágio do presente documento, a exposição dos resultados do protótipo para o ponto 5.3.3, sendo que tratando-se da última versão do trabalho encontra-se, igualmente, referência para o saldo global da geração dos conteúdos multimédia na secção 5.4. De forma complementar, a reflexão crítica aos resultados alcançados encontra-se explanada ao longo dos pontos 6.3.2 e 6.4, sendo efectuada a análise global ao trabalho na secção 6.5.

Como forma de sumariamente resumir o presente capítulo, considera-se importante referir a opção tomada pela explicitação, conservando-se a preservação cronológica dos factos, das diferentes versões dos protótipos *BioStories*, precisamente com o intuito de providenciar os contextos sucessivos que conduziram às opções tomadas, e desta feita, potenciar a pré-justificação das mesmas. Observa-se ainda que as evoluções ilustradas representam uma crescente complexificação, quer dos conteúdos, quer dos métodos de classificação sem, contudo, alterar a plataforma de desenvolvimento desenhada para o efeito. Este caminho que foi trilhado conduz, inexoravelmente, o cerne da investigação para a hipótese inicialmente formulada bem como para a concepção das metodologias dominantes identificadas no estudo do trabalho relacionado, atingindo a perspectiva integradora almejada. Atinge-se, assim, com a versão mais recente do trabalho, a instanciação do projecto inicial com conteúdos multimédia audiovisuais contínuos bem como a monitorização em tempo real de diversos sinais biométricos através de soluções de *hardware* minimamente invasivos, permitindo um processo de classificação emocional de acordo com os padrões de sucesso desejados para o contexto do entretenimento, sem com isso, prevenir a sua aplicação a outros domínios.

5 Resultados Alcançados

Neste capítulo são apresentados os resultados alcançados ao longo do trabalho agora em descrição. De forma análoga ao capítulo anterior e no seguimento de toda a filosofia que preside à estruturação do presente documento, opta-se pela compartimentação da exposição dos mesmos de acordo com as diversas vertentes e evoluções dos protótipos desenvolvidos. Através desta abordagem, torna-se perceptível o móbil das alterações conduzidas e opções tomadas ao longo do trabalho, tendo-se, no entanto, reservado a análise crítica dos resultados alcançados, mesmo os parciais, bem como a extracção das respectivas conclusões para completa exposição no capítulo subsequente.

5.1 Controlo de Rato por Electromiografia

A linha de investigação retratada através da detecção de acções físicas por meio de electromiografia, entretanto instanciada no projecto de *spin-off* de controlo de rato de computador através do mapeamento das acções detectadas em mecanismos de controlo do dispositivo de interacção foi alvo de descrição pormenorizada aquando da secção 4.1, sendo esta complementada através da inclusão, em apêndice, do pedido de patente respectivo com a referência 37948.08 e título “*Dispositivo e método para control e actuação por electromiografia*”.

Neste ponto, em particular, foca-se a atenção na apresentação dos resultados alcançados neste projecto, com especial ênfase na divulgação dos resultados das actividades experimentais conduzidas[143].

De forma prévia, é importante a definição das condições experimentais bem como as metodologias implementadas. Tendo este ponto em consideração, de forma a aferir o grau de eficácia bem como os níveis de usabilidade do protótipo desenvolvido, foram definidos dois grupos de utilizadores com as seguintes características:

- Grupo A, pretendendo emular o grupo de utilizadores minimamente experientes e com conhecimento básico sobre a tecnologia. Neste grupo, os sujeitos foram alvo de uma curta formação teórica inicial consistindo na apresentação sumária da forma de classificação com exposição dos conceitos de *peak* e *duration*, sempre na perspectiva do utilizador final. Após esta sessão teórica, os sujeitos foram expostos a um período de adaptação de dez minutos com a aplicação de forma a potenciar o seu nível de conforto.
- Grupo B, pretendendo emular o grupo de utilizadores completamente inexperientes e sem qualquer tipo de conhecimento sobre a tecnologia. Neste grupo, os sujeitos não foram condicionados de qualquer forma, não tendo tido qualquer oportunidade de contacto teórico ou prático com a tecnologia de forma anterior à condução da actividade experimental.

Os sujeitos de ambos os grupos foram seleccionados e distribuídos de forma totalmente aleatória entre investigadores do laboratório e estudantes universitários, constituindo dois grupos de quinze elementos cada.

As sessões experimentais foram similares para todos os intervenientes em ambos os grupos, sendo cada uma das sessões supervisionada por um dos responsáveis do protótipo. Manteve-se uma uniformidade relativamente às condições ambientais das actividades experimentais,

nomeadamente, ao nível de ruído, iluminação e altura do dia. A cada sessão, era pedido aos sujeitos que realizassem o fecho intencional do seu olho não-dominante vinte vezes, vulgo piscar de olho, sempre que desejassem realizar uma acção de rato de computador – sendo possível a escolha entre *click* direito e activar o modo de *drag*.

Na medida em que as sessões foram definidas na repetição da actividade vinte vezes, ou pelo menos tantas quantas essa actividade fosse detectada – falsos positivos – as taxas de sucesso apresentadas encontram-se escaladas em degraus de cinco por cento. As trinta sessões foram realizadas num espaço de uma semana sendo que a distribuição dos resultados alcançados encontra-se apresentada através da Ilustração 31. De notar que o grupo de utilizadores que recebeu prévia formação, podendo ser considerados como utilizadores experimentados, apresenta um desempenho superior, sendo que a sua taxa de sucesso é de cerca noventa por cento com $IC_{95\%}(p) \approx (0.84, 0.91)$, tendo-se registado sessões completamente livres de erros – todas as acções foram detectadas sem ocorrência de eventos falsos positivos.

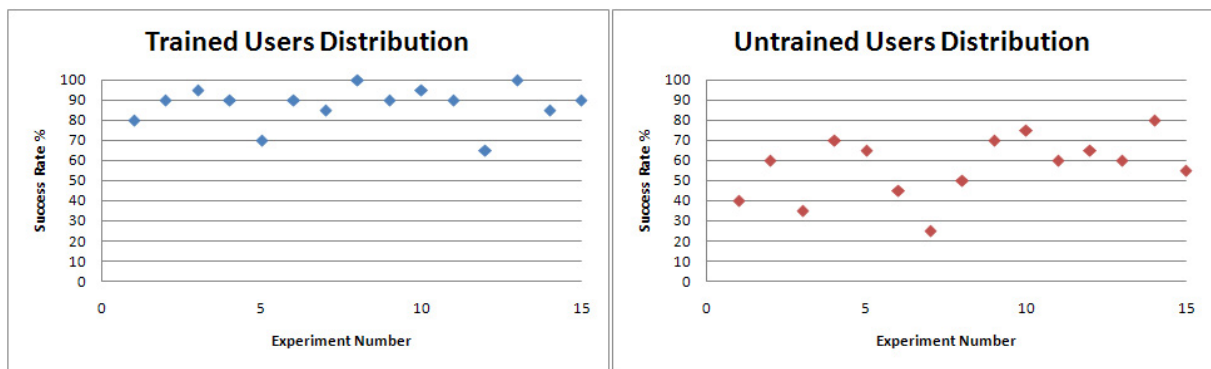


Ilustração 31 – Distribuição dos Resultados Experimentais do Controlo de Rato por Electromiografia

Na mesma ilustração, mas à direita encontra-se a distribuição dos resultados das quinze sessões, sendo perfeitamente visível um decréscimo na taxa de sucesso da aplicação, sendo que a média é de menos de sessenta por cento, tendo-se registado o valor mínimo de vinte e cinco por cento e o máximo de oitenta por cento, com $IC_{95\%}(p) \approx (0.51, 0.63)$.

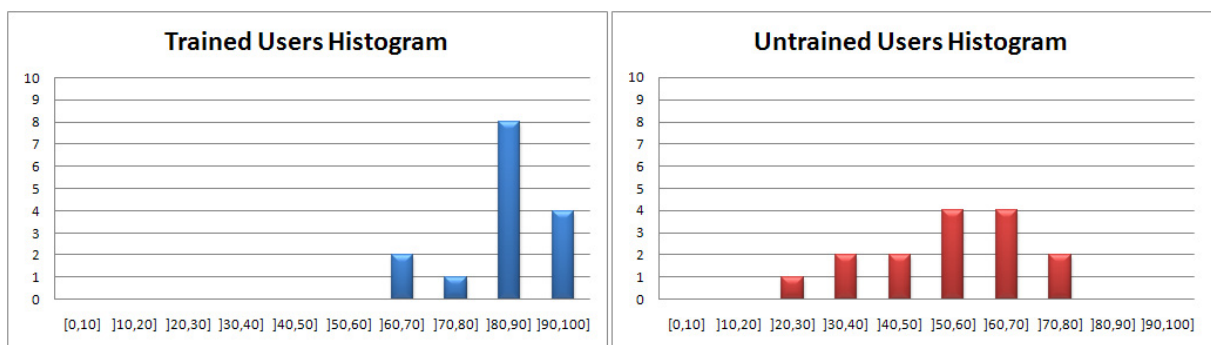


Ilustração 32 – Histograma dos Resultados Experimentais do Controlo de Rato por Electromiografia

Os mesmos resultados foram alvo de um rearranjo estatístico sendo a sua tradução em histogramas apresentada através da Ilustração 32, sendo visível que no grupo dos utilizadores treinados oitenta e cinco por cento dos utilizadores registaram três ou menos erros.

Tal como exposto anteriormente, remete-se a extracção das conclusões referentes aos resultados descritos para a secção 6.1.

5.2 Abordagem Inicial e Validação e Reutilização da *Framework*

Esta secção caracteriza-se por possuir importantes intersecções com diversas etapas do trabalho alvo de presente documentação, na medida em que se pretende realizar uma clara separação entre os esforços conduzidos e os resultados alcançados nas áreas referentes à definição técnica da plataforma de desenvolvimento e abordagem inicial referente ao estudo dos sinais biométricos com a realização de diversas sessões experimentais de quase exclusiva monitorização, sendo estas de carácter claramente distinto das propostas de indução e classificação de estados emocionais, retratadas no ponto seguinte. Tendo esta informação presente, é com naturalidade que grande quota dos resultados agora alvos de ilustração apresente elevada dependência das opções descritas nos pontos 4.1, 4.2.1 e 4.2.2.

Deste modo, reserva-se a presente secção para a exposição dos resultados alcançados ao nível da reutilização e grau de flexibilidade da *framework* de suporte ao trabalho bem como os referentes às sessões experimentais resultado da abordagem empírica inicial. Compreende-se, assim, que a exposição, realizada desta forma, potencia a melhor percepção e justificação das opções tomadas aquando das versões mais avançadas do protótipo *BioStories*, nomeadamente ao nível dos conteúdos apresentados bem como das metodologias propostas de aquisição de sinais e de classificação de estados emocionais.

Importa, de forma prévia, discriminar, neste ponto, a política de descarte das sessões experimentais que não foram consideradas válidas. Muito embora das vinte e oito sessões conduzidas, setenta e cinco por cento tenham sido validadas, registaram-se especificamente sete como descartáveis. As principais causas destas situações tiveram a sua definição a partir de: interferências eléctricas e electromagnéticas causadas, quer por parte do voluntário – electricidade estática ou esquecimento de remoção de acessório metálico – quer pela proximidade inusitada dos equipamentos biométricos e o sistema de visualização; mau funcionamento espontâneo e esporádico de um ou vários equipamentos biométricos; e, por fim, movimentos corporais exagerados e inadvertidos por parte dos sujeitos. As referidas situações ocorreram na prática, respectivamente, com uma frequência absoluta de quatro, dois e um.

Assim, apresenta-se, de seguida, os resultados alcançados a partir das sessões experimentais conduzidas, realizando uma exposição compartimentada por canal biométrico monitorado, sendo detalhados os protocolos referentes à exclusão de determinadas sessões bem como aos mecanismos de processamento dos dados.

De acordo com o princípio basilar que presidiu à necessidade da realização das actividades experimentais, que consistia na detecção de determinados padrões característicos dos sinais biométricos de acordo com o conteúdo multimédia apresentado. Com esta operação pretendia-se averiguar, por um lado, a adequabilidade dos conteúdos como indutores de estados emocionais verídicos, e por outro, a capacidade da sua detecção pelas vias biométricas seleccionadas.

Tendo presente estes factores, bem como a definição prévia do protocolo experimental, nomeadamente ao nível dos canais biométricos monitorados e as metodologias propostas de processamento dos dados, inicia-se a apresentação dos resultados pela componente mais complexa e alvo de maior estudo: os dados oriundos da electroencefalografia. Neste domínio, os dados recolhidos ao longo de todas as sessões experimentais, consideradas válidas, são alvo de apresentação seguindo a sua decomposição em ondas *Beta* e *Gama*, tendo-se considerado mais relevante as análises realizadas de forma a correlacionar a evolução da

amplitude do sinal ao longo das três etapas da sessão experimental de forma a potenciar a percepção ao nível da classificação emocional e a sua diferenciação por género do sujeito, com o intuito de auxílio à inferência quanto à eficácia do método na indução de estados emocionais específicos.

Esta análise específica é, primeiramente, detalhada através da Ilustração 33, onde é apresentada a evolução dos valores médios das ondas *Beta* e *Gama* das sessões consideradas válidas, sem com o processo de decimação e evolução por etapas – métodos previamente alvo de descrição.

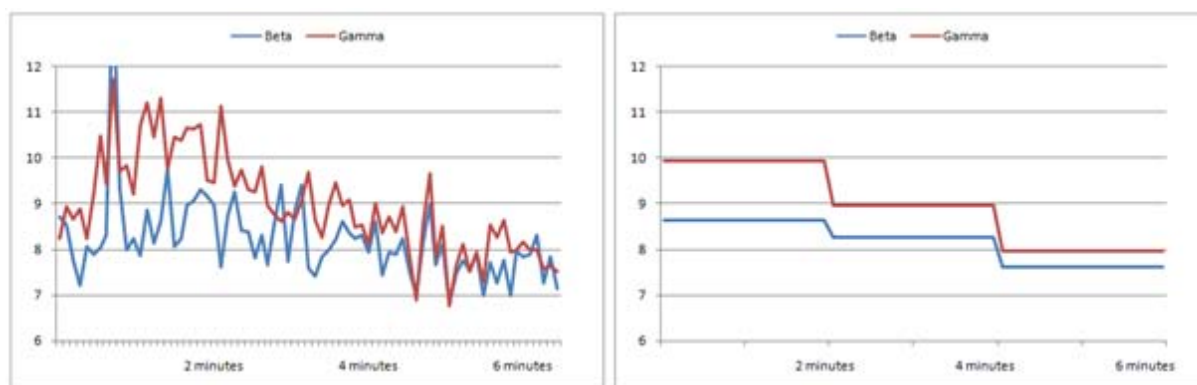


Ilustração 33 – Evolução Temporal dos Valores Médios das Ondas Beta e Gama ao Longo das Sessões Experimentais sem Decimação (A) e com Decimação (B)

Torna-se visível, especialmente com recurso à visualização dos dados após o seu pré-processamento, a diminuição dos valores da amplitude, nas duas bandas analisadas, à medida que as sessões assumem valores de *valence* progressivamente menores, evoluindo do estado de *alegria* para o de *tristeza*.

Deste modo, e para efeitos de análise preliminar das características dos canais biométricos seleccionados, tornou-se possível a sua utilização e adequabilidade teórica e prática, em ambientes controlados, para a determinação de estados emocionais.

Relativamente ao processo de averiguação da capacidade de indução de estados emocionais, de forma relativamente universal, os dados recolhidos e processados, atendendo ao género dos voluntários que participaram nas sessões experimentais, encontram-se apresentados através da Ilustração 35, onde os gráficos ilustram a variação das frequências *Beta* (A) e *Gama* (B).

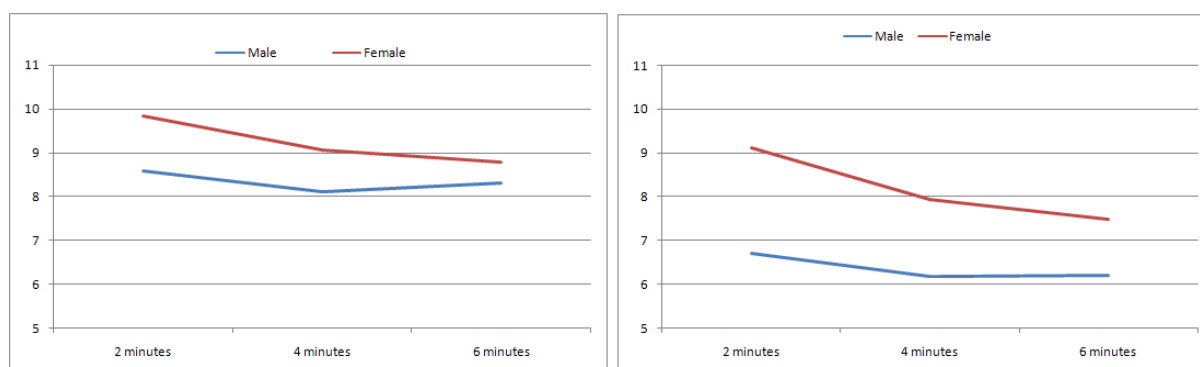


Ilustração 34 – Comparativo por Género entre Valores Médios das Ondas Beta (A) e Gama (B)

Os resultados ilustrados apontam para uma maior propensão, por parte dos indivíduos do sexo feminino quanto à sua susceptibilidade relativa à indução de estados emocionais, mormente no que respeita aos associados a valores baixos de *valence*, especificamente relacionados com a *tristeza*.

Esta evidência é atestada pelo comportamento de ambas as ondas analisadas, sendo que os resultados referentes à frequência *Beta* indiciam, ainda, que não só os indivíduos do sexo masculino são mais resistentes à indução emocional como o contexto cultural condiciona a sua experiência, uma vez que se verifica uma ligeira inversão da tendência definida na etapa designada de *tristeza*. Neste ponto em especial, as imagens associadas a combates, situações de guerra e catástrofe foram interpretadas por diversos sujeitos como contextos de teor mais excitante que propriamente triste.

Estes resultados têm necessárias implicações ao nível da possibilidade de indução e classificação credível de estados emocionais de forma global, especificamente com os conteúdos multimédia em questão.

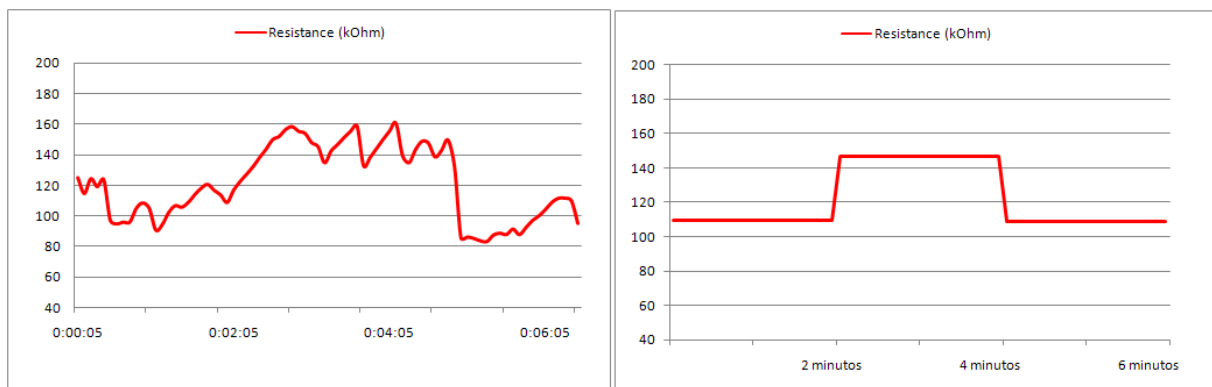


Ilustração 35 – Evolução Temporal dos Valores Médios das Resposta Galvânica da Pele ao Longo das Sessões Experimentais sem Decimação (A) e com Decimação (B)

Realizando uma análise semelhante ao canal biométrico GSR, os resultados antes e após o processamento encontram-se especificados através da Ilustração 35, sendo que para este sinal, apenas foram conduzidas cinco sessões experimentais por desfasamento entre o início das sessões experimentais e a recepção do equipamento. Os valores médios por etapa de cada sessão encontram-se apresentados através da Ilustração 36A.

Muito embora os resultados preliminares careçam de uma significativa dimensão da amostra a analisar bem como o necessário período de maturação e afinação das aplicações de suporte desenvolvidas, é perceptível, na generalidade uma correlação entre as diversas etapas dos conteúdos multimédia e as leituras da sudação dos voluntários. Esta tendência traduz-se num aumento do valor da resistência da pele no estado *neutro*, verificando-se um aumento do nível de sudação nos restantes estados.

No entanto, condições intrínsecas ao equipamento, nomeadamente o mecanismo elástico de ajuste dos eléctrodos permitia folga em algumas circunstâncias, bem como outros factores externos, tais como os níveis de sudação normal dos voluntários, condicionaram a correcta e completa extracção de conclusões afirmativas.

Não obstante esta breve referência, a análise crítica aos resultados alcançados encontra-se reservada para a secção respectiva – ver 6.2.

Relativamente ao restante canal biométrico monitorado, este consiste na leitura do batimento cardíaco do voluntário ao longo da sessão. Os resultados médios referentes ao ritmo cardíaco por médio por minuto são apresentados com decimação e análise por evolução de etapas através da Ilustração 36B.

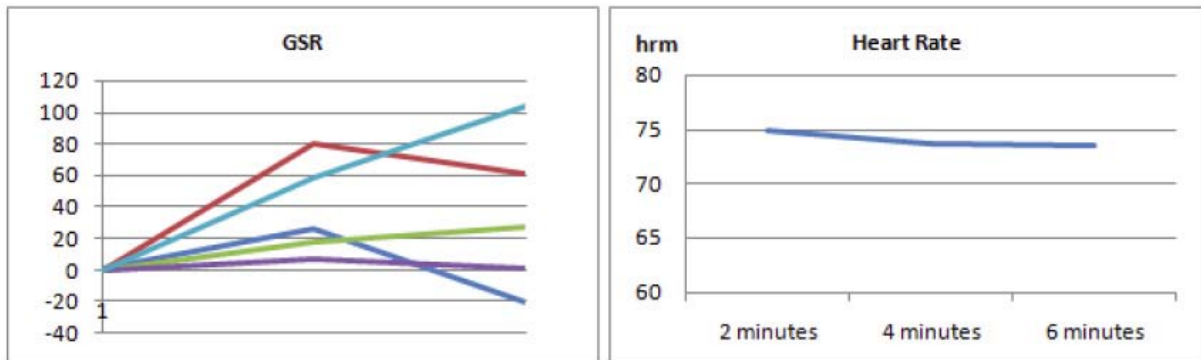


Ilustração 36 – Evolução Temporal dos Valores das Resposta Galvânica da Pele (A) e Ritmo Cardíaco (B) ao Longo das Sessões Experimentais com Decimação

Pese embora se verifique uma tendência decrescente do ritmo cardíaco ao longo da sessão, a sua variação inferior a quatro por cento não permite a afirmação categórica da possibilidade de correlação óbvia directa entre os valores de *valence* dos conteúdos emocionais e a evolução do ritmo cardíaco dos sujeitos. Considera-se que para a constatação de variações significativas do ritmo cardíaco, a imersividade, complexidade e realismo dos estímulos multimédia teriam de ser exponenciados de forma a tornar as experiências vivenciadas mais reais e consequentemente, emocionalmente mais ricas.

Relativamente à temática relacionada com a reutilização e/ou adaptabilidade da plataforma de desenvolvimento proposta, muito embora a sua análise crítica esteja reservada para a secção 6.2, a exposição dos resultados, para este caso em especial, não é, inteiramente, passível de ser realizada sem que com isso sejam tecidos comentários com algum tipo de valoração implícita.

Tendo em consideração o desenho da arquitectura da plataforma inicialmente proposto, apresentado através da Ilustração 5, e sua consequente descrição, é perceptível que esta *framework* foi passível de diversas reutilizações ao longo das diferentes fases do projecto. De salientar que muito embora tenha sido desenhada de forma a contemplar toda a actividade processual de forma interactiva e iterativa, esta foi, por diversas vezes, reutilizada de forma parcial, tal como são exemplos as suas aplicações ao projecto de *Controlo de Rato por Electromiografia* bem como o controlo e aquisição de dados relacionados com as sessões experimentais exploratórias.

Na sua primeira utilização prática, resultado concomitante, da sua primeira implementação a partir do desenho realizado, verifica-se o praticamente completo decalque do desenho original, tal como patente através da Ilustração 7, excluindo a componente referente ao módulo colector de informação e consequente estrutura a jusante. No entanto, são já visíveis as preocupações respeitantes à plasticidade do conjunto de equipamentos biométricos bem como a definição de aplicações de aquisição de dados, de forma a assegurar a independência da plataforma face a entidades terceiras. É, igualmente, desde cedo, visível a preocupação no mecanismo de distribuição, acessibilidade e distribuição da informação através do protocolo

TCP/IP, permitindo distribuição tanto lógica como física das diferentes entidades intervenientes do processo.

Relativamente à sua primeira evolução, respeitante à sua segunda utilização prática no âmbito da condução das sessões experimentais exploratórias, verifica-se que a arquitectura da *framework*, patente através da Ilustração 21, segue, praticamente *a papel químico*, o desenho original, ilustrando, na perfeição, a sua capacidade de flexibilidade funcional e incorporação de novos equipamentos de forma totalmente transparente.

À semelhança da instanciação anterior, trata-se de uma implementação parcial, concentrada na vertente de recolha, distribuição, visualização e armazenamento dos dados biométricos, sendo, nesta fase, descartada a componente de fecho do fluxo desde e até ao utilizador. Esta evolução permite a constatação da capacidade da condução de sessões experimentais nas quais a informação a apresentar a recolher encontram-se globalmente definidas e distribuídas pela plataforma mas modularmente separadas e controladas, permitindo diferentes configurações lógicas e físicas das actividades a suportar.

Na sua segunda instanciação, referente ao processo de implementação da *Emotion Assessment Tool*, como forma de abordagem primária à classificação automática de estados emocionais, exclusivamente baseado na leitura de sinais biométricos, verifica-se que, não sendo o fluxo de informação fechado em ciclo, procede-se à completa reutilização da arquitectura tal como descrita através da Ilustração 21, com as diferenças a residirem na utilização apenas do equipamento de electroencefalografia, bem como a adição, a jusante, de toda a arquitectura do módulo responsável pelo processo de classificação *offline* do estado emocional predominante ao longo da sessão experimental.

A constituição do protótipo vertical baseado na *IAPS Library*, permitiu realizar o teste de integração de todos os módulos previamente antevistos aquando da definição da arquitectura geral da *framework*. Deste modo, e com a necessidade de incluir, nesta fase, o fecho do fluxo da informação, de forma a permitir a apresentação dinâmica dos conteúdos multimédia de forma adaptada ao estado emocional inferido do utilizador, procede-se, à replicação, por inteiro, do desenho original, tal como é patente através da Ilustração 5, validando, assim, o projecto de arquitectura inicial.

Por fim, o desenvolvimento do protótipo final do projecto, referente à versão *BioStories* em ambiente imersivo tridimensional com recurso ao simulador aeronáutico, permitiu a sedimentação do princípio já testado do fecho de fluxo de informação, tal como visível através da Ilustração 6, bem como se procedeu à reformulação do conjunto de equipamentos biométricos, tendo-se optado pela adopção de um único, denominado Nexus-10, com a capacidade de monitorar diversos canais biométricos.

Não obstante esta opção, a flexibilidade da arquitectura manteve-se inalterada, bem como a filosofia de distribuição e comunicação dos dados recolhidos. De forma complementar, tal com patente através da Ilustração 28, foi reformulada o módulo de visualização dos conteúdos multimédia de forma a potenciar o grau de imersividade da experiência, tendo-se, deste modo, procedido a um *upgrade* à arquitectura, de forma totalmente contida, seguindo, assim, o princípio orientador do seu desenho original, respeitante à modularidade e dinamismo quanto à sua evolução.

5.3 Indução e Classificação de Estados Emocionais

Nesta secção pretende-se realizar a exposição dos resultados alcançados ao nível, quer da indução de estados emocionais, quer da vertente de classificação. De forma a potenciar a correspondência com as progressivas abordagens efectuadas, também este ponto se encontra subdividido de acordo com os protótipos desenvolvidos, tendo-se compartimentado a sua exposição pelos pontos dedicados ao EAT, *BioStories* sobre *IAPS Library* e, finalmente, a versão final do *BioStories* em ambiente imersivo tridimensional.

5.3.1 EAT

Seguindo a cronologia dos acontecimentos, bem como da descrição do trabalho, inicia-se a apresentação dos resultados pelos alcançados ao nível da primeira abordagem de classificação de estados emocionais através do EAT. Tal como descrito ao longo do ponto 4.2.3.1, a metodologia proposta apenas previu a realização da classificação do estado emocional predominante ao longo da sessão, logo, de uma forma *offline*.

Tendo como ponto de partida as sessões experimentais conduzidas na fase inicial do trabalho, cujos resultados foram já objecto de referência ao longo do ponto anterior, os dados biométricos colectados ao nível do EEG foram processados e considerados *inputs* para o processo de classificação já descrito.

Considerando as vinte e oito sessões originalmente conduzidas, as seis primeiras carecem da salvaguarda integral dos dados, havendo igualmente concomitância na ausência ao nível do preenchimento do formulário correspondente à entrevista final, alvo de descrição em anexo. Face ao exposto, são apenas consideradas válidas *a priori* vinte e duas sessões experimentais, sobre as quais foram conduzidos os procedimentos de classificação através do EAT, sendo que o resumo dos resultados alcançados encontra-se apresentado através da matriz de confusão ilustrada mediante a Tabela 4.

Tabela 4 – Matriz de Confusão do EAT sem Política de Descarte

		Entrevistas				
		Alegria	Indiferente	Triste	Inconclusivo	Total
Classificação	Alegria	9%	0%	0%	0%	9%
	Indiferente	0%	0%	0%	0%	0%
	Triste	9%	5%	54%	0%	68%
	Inconclusivo	5%	0%	18%	0%	23%
	Total	23%	5%	72%	0%	100%

A matriz de confusão, sem a política de descarte, isto é, considerando válidas todas as vinte e duas sessões, indica, em primeiro lugar que setenta e três por cento das sessões foram identificadas, pelos sujeitos da sessão experimental, como predominantemente tristes ao passo que apenas cinco por cento foram consideradas indiferentes, isto é, sem predominância de um estado em particular e as restantes vinte e três por cento referidas como de teor alegre. É com naturalidade que nenhuma sessão foi considerada inconclusiva por parte dos sujeitos, sendo que este *estado* é apenas reservado aos processos de classificação incongruentes ao nível intra-onda.

Os resultados indicam que a taxa de sucesso ao nível da classificação do estado de *alegria*, como estado emocional predominante da sessão, atinge apenas quarenta por cento, ao passo

que a identificação com sucesso do estado de *tristeza* atinge os setenta e cinco por cento, não tendo sido possível o sucesso na detecção do estado de *indiferença*, resultando numa taxa de sucesso global de sessenta e quatro por cento.

Não obstante os resultados apresentados, e atendendo à política de descarte de determinadas sessões experimentais pelos motivos expressos na secção 5.2, entende-se a existência da pertinência da apresentação dos resultados após a remoção das três sessões consideradas não válidas. Deste modo apenas são analisadas dezanove sessões, tendo-se verificado apenas discrepâncias entre a percepção dos sujeitos e o processo de classificação em cinco casos, indicando uma taxa de sucesso global de setenta e quatro por cento. Os resultados, à semelhança da exposição anterior, encontram-se organizados sob a forma de uma matriz de confusão, sendo ilustrados através da Tabela 5.

Tabela 5 – Matriz de Confusão do EAT com Política de Descarte

		Entrevistas				
Classificação		Alegria	Indiferente	Triste	Inconclusivo	Total
	Alegria	11%	0%	0%	0%	11%
	Indiferente	0%	0%	0%	0%	0%
	Triste	10%	0%	63%	0%	73%
	Inconclusivo	0%	0%	16%	0%	16%
	Total	21%	0%	79%	0%	100%

Desta feita, observa-se a existência de vinte e um por cento das sessões consideradas predominantemente alegres contra os setenta e nove por cento indicadas como mormente tristes. Ao nível da taxa de sucesso do processo de classificação, verifica-se um aumento consistente a todos os níveis, tendo-se assinalado um rácio de sucesso na detecção de *alegria* em cinquenta por cento e do estado de *tristeza* atingiu-se a taxa de oitenta por cento.

Importa referir que de entre as cinco sessões erradamente classificadas, três delas resultam do processo de classificação ser inconclusivo, por outras palavras a análise a uma das ondas cerebrais conduziu, ainda assim, a uma classificação considerada correcta.

Não obstante o foco desta abordagem se centrar, quase em exclusivo, na classificação, o processo de indução é igualmente alvo de referência, muito embora ainda carecendo de quantificação, reservando-se assim a exposição detalhada desta vertente para o ponto subsequente. Seguindo este princípio, refere-se somente a indicação da existência de uma assinalável propensão para os sujeitos das actividades experimentais identificarem, na sua generalidade, de forma clara, qual o estado emocional predominante, ou pelo menos mais intensamente ou prolongadamente vivenciado, ao longo da sessão.

5.3.2 BioStories sobre IAPS Library

A definição do protótipo do *BioStories* totalmente baseado na *IAPS Library* teve como primeiro resultado prático a primeira completa implementação da arquitectura proposta a partir da Ilustração 5, tendo-se procedido ao primeiro fecho do fluxo de informação desde a aquisição e processamento dos sinais biométricos à sua distribuição, com consequente classificação emocional e selecção flexível e dinâmica dos conteúdos multimédia a serem objecto de visualização no ciclo seguinte. Não descurando a importância destes resultados não numéricos, alvos de análise crítica no ponto 6.3.2, importa, neste ponto, salientar e apresentar

os resultados experimentais alcançados sob dois prismas complementares: o primeiro consiste no processo de classificação emocional; e o segundo afere os níveis de indução emocional alcançados com a abordagem proposta com esta versão do protótipo.

Tabela 6 – Matriz de Confusão do Protótipo *BioStories* sobre *IAPS Library* para Classificação Emocional

		Classificação Emocional				
		1º Quadrante	2º Quadrante	3º Quadrante	4º Quadrante	Total
Utilizadores	1º Quadrante	20%	3%	2%	4%	29%
	2º Quadrante	6%	11%	2%	1%	20%
	3º Quadrante	1%	2%	15%	5%	23%
	4º Quadrante	6%	4%	4%	14%	28%
	Total	33%	20%	23%	24%	100%

O processo experimental foi definido de forma a contemplar seis séries de dez imagens cada, sendo que cada imagem foi alvo de selecção de forma a corroborar o actual estado emocional do utilizador, seguindo, aliás o processo anteriormente descrito aquando do ponto 4.2.3.2.

Para as actividades foram convidados vinte e cinco estudantes de licenciatura sem qualquer conhecimento prévio das características ou intentos, quer do projecto, quer das sessões experimentais conduzidas. No final de cada sessão, cada participante fora convidado a responder a um pequeno inquérito onde se perguntava qual o quadrante emocional no qual se identificaram em cada série de imagens. Os resultados deste processo encontram-se condensados através da Tabela 6, sendo de destacar que a metodologia de teste proposta alcançou uma taxa global de sucesso de sessenta por cento, com $IC_{95\%}(p) \approx (0.52, 0.68)$., registando-se valores mais precisos no primeiro e terceiro quadrantes, sendo que os níveis de sucesso descem para cinquenta e cinco por cento para o segundo quadrante.

Uma abordagem dual foi seguida para a aferição dos mecanismos de indução emocional, sendo que para este caso em especial, foram definidas quatro sessões distintas, uma para cada quadrante, separadas no tempo, com dez imagens cada. Os mesmos vinte e cinco sujeitos participaram voluntariamente nas sessões, sendo novamente convidados a identificar o quadrante emocional mais vivenciado em cada sessão. De ressaltar que a sequenciação das sessões foi aleatória de sujeito para sujeito de forma a prevenir a comunicação de resultados entre participantes.

Tabela 7 – Matriz de Confusão do Protótipo *BioStories* sobre *IAPS Library* para Indução Emocional

		Indução Emocional				
		1º Quadrante	2º Quadrante	3º Quadrante	4º Quadrante	Total
Utilizadores	1º Quadrante	20%	7%	0%	1%	28%
	2º Quadrante	3%	9%	1%	3%	16%
	3º Quadrante	1%	6%	19%	4%	30%
	4º Quadrante	1%	3%	5%	17%	26%
	Total	25%	25%	25%	25%	100%

Os resultados das actividades experimentais encontram-se resumidos ao longo da Tabela 7, sendo que nesta vertente, os resultados globais sobem para sessenta e cinco por cento de taxa de sucesso com $IC_{95\%}(p) \approx (0.56, 0.74)$, registando-se níveis de oitenta e setenta e seis por cento para o primeiro e terceiro quadrantes. Uma vez mais os resultados mais penalizadores

registam-se ao nível do segundo quadrante, mormente relacionado com estados emocionais caracterizados por elevados níveis de ansiedade e medo, com taxas de sucesso bastante escassas rondando os trinta e seis por cento.

A análise crítica destes resultados bem como as perspectivas de desenvolvimento aplicadas na versão subsequente do protótipo são objecto de descrição ao longo do ponto 6.3.2.

5.3.3 *BioStories em Ambiente Imersivo 3D*

Neste ponto são alvo de apresentação os resultados alcançados pela mais recente versão do protótipo *BioStories*, com especial foco na questão da articulação dos diversos componentes na perspectiva da metodologia proposta de classificação emocional.

Pese embora as questões relacionadas com a geração de conteúdos multimédia tenham assumido um papel de extrema relevância nesta fase do trabalho, procedeu-se à escolha de realizar a migração desta temática para o ponto subsequente de forma a dota-la de uma autonomização que se crê benéfica para a correcta interpretação das diversas facetas do trabalho.

Tendo estes princípios presentes, importa, em primeiro lugar referir, em tom de continuidade, quer com as abordagens primitivas, quer com as versões preliminares do protótipo, que o desenho original da arquitectura proposta foi reutilizado na íntegra, sob o ponto de vista estrutural, e quase na totalidade, na sua vertente estrutural ao nível dos equipamentos, tendo-se apenas procedido à alteração do conjunto de canais biométricos inicialmente especificado – aliás dentro do princípio identificado da diversidade e flexibilidade das soluções de *hardware* adoptadas – bem como da melhoria dos dispositivos de visualização, de forma a potenciar o grau de imersividade e realismo da experiência.

De forma a aferir a adequabilidade da metodologia proposta ao nível da classificação emocional, baseada no processo de fusão sensorial contínua dos canais biométricos monitorizados, directamente sobre o modelo bidimensional de Russell, com particular discretização em quadrantes, para efeitos de corroboração da classificação emocional, fora desenhado um protocolo experimental semelhante aos implementados aquando das fases de teste das versões prévias do trabalho. Deste modo, o processo experimental consistiu na condução da simulação aeronáutica por três fases distintas mas complementares de forma sequencial, desde o *take-off* à aterragem, passando pelo processo de concretização da rota definida durante um período de quinze minutos.

Este protocolo foi validado ao longo de vinte e uma sessões, considerando treze sujeitos do sexo masculino e sete do sexo feminino, com idades compreendidas entre os vinte e um e os cinquenta e seis anos. A política emocional definida foi o de reforçar o estado emocional actual, sendo que os resultados experimentais encontram-se apresentados através da Tabela 8. O mecanismo de validação de resultados foi definido tendo por base o processo de entrevista aos sujeitos, no final das sessões onde, para cada fase da simulação ou registo de mudança de quadrante no processo de classificação, foi solicitada a indicação do quadrante emocional realmente experimentado pelo utilizador, numa perspectiva de *self assessment*.

Os resultados do processo de classificação emocional atingem, de forma global, os oitenta e sete por cento, com $IC_{95\%}(p) \approx (0.81, 0.92)$, sendo que para o primeiro e segundo quadrante, a taxa de sucesso sobre para os oitenta e oito e noventa por cento, respectivamente. Os quadrantes referentes a baixos níveis de *arousal*, são os que apresentam taxas de sucesso mais

baixas, sendo que a classificação acertada de estados emocionais relacionados com frustração e serenidade registam setenta e nove e oitenta e três por cento, respectivamente.

De referir ainda que os erros de classificação ficam a dever-se, mormente a situações *fronteira* nas quais a oscilação entre quadrantes foi marginal – pese embora a política de migração entre quadrantes tenha sido definida de forma a exigir duas observações consecutivas no mesmo quadrante de forma a validar a transição.

Tabela 8 – Matriz de Confusão do BioStories em Ambiente Imersivo 3D para Classificação Emocional v1

		Classificação Emocional				
		1º Quadrante	2º Quadrante	3º Quadrante	4º Quadrante	Total
Utilizadores	1º Quadrante	30,7%	1,8%	0,3%	1,2%	34%
	2º Quadrante	3,1%	32,8%	1,0%	0,1%	37%
	3º Quadrante	0,2%	1,7%	10,9%	1,2%	14%
	4º Quadrante	1,0%	0,1%	1,6%	12,3%	15%
	Total	35%	36,4%	13,8%	14,8%	100%

Regista-se, igualmente, uma forte concentração – mais de setenta e um por cento das observações – quer dos estados emocionais classificados, quer dos identificados directamente pelos utilizadores em zonas de elevados níveis de *arousal*, indicando que os conteúdos multimédia apresentados bem como a sua metodologia de apresentação potenciaram os seus níveis de realismo.

Pese embora os resultados tenham sido obtidos a partir de uma amostra de dimensão considerável e diversificada, esta foi alvo de uma ampliação posterior, como suporte à submissão do trabalho ao *International Journal of Social Robotics* [131]. Pese embora o protocolo experimental tenha sido tudo idêntico, a dimensão da amostra atingiu os trinta e quatro elementos, mantendo a mesma faixa etária. Tal como esperado, os resultados alcançados corroboram os anteriores, mantendo, sensivelmente inalteradas as taxas de sucesso anteriormente alcançadas e discriminadas, com $IC_{95\%}(p) \approx (0.81, 0.90)$, tendo-se verificado, apenas uma inversão não significativa na taxa de sucesso entre o terceiro e quarto quadrante e uma crescente tendência para a concentração dos sujeitos em estado emocionais de elevados níveis de *arousal*, fixando-se, portanto primariamente nos quadrantes número um e dois.

Tabela 9 – Matriz de Confusão do BioStories em Ambiente Imersivo 3D para a Classificação Emocional v2

		Classificação Emocional				
		1º Quadrante	2º Quadrante	3º Quadrante	4º Quadrante	Total
Utilizadores	1º Quadrante	31,2%	1,9%	0,4%	1,4%	34,9%
	2º Quadrante	3,3%	33,2%	0,8%	0,2%	37,5%
	3º Quadrante	0,3%	1,8%	9,8%	1,4%	13,3%
	4º Quadrante	1,2%	0,3%	1,2%	11,6%	14,3%
	Total	36%	37,2%	12,2%	14,6%	100%

A análise crítica a estes resultados, do ponto de vista do processo de classificação emocional, encontra-se expressa ao longo do ponto 6.3.2.

5.4 Grau de Imersividade e Adequabilidade dos Conteúdos Multimédia

Nesta secção são apresentados os resultados alcançados ao nível do grau de imersividade dos conteúdos multimédia bem como o seu grau de adequabilidade para os fins identificados, quer no início do trabalho, quer ao longo das sessões experimentais. Face à intersecção desta componente com a problemática da análise da classificação emocional, é com naturalidade que se assista alguma dispersão desta apresentação ao longo do presente documento, mormente quando a referência é realizada a partir das versões iniciais do protótipo desenvolvido. Face ao exposto, opta-se pela concentração da apresentação dos resultados, até pela sua crescente sistematização, relativos à mais recente versão do protótipo *BioStories* em ambiente imersivo tridimensional.

Deste modo, e atendendo, em primeiro lugar, à adequabilidade dos conteúdos multimédia utilizados, os capítulos dedicados à apresentação e análise crítica dos resultados alcançados através das abordagens exploratórias e versões iniciais do protótipo *BioStories*, revelaram já atempadamente a necessidade de proceder ao enriquecimento dos conteúdos apresentados, ultrapassando a barreira da conjugação de imagens estáticas. Neste sentido a versão mais recente do protótipo através da geração de ambientes tridimensionais em ambiente imersivo potenciado pelo dispositivo de visualização a par do realismo da simulação aeronáutica, possibilitaram o aparecimento de uma situação colateral não prevista inicialmente: a existência de elementos voluntários com *medo* ou com traços de ansiedade quando expostos a tradicionais cenários de voo.

Muito embora esta situação tenha possibilitado a verificação da adequabilidade directa, quer dos conteúdos multimédia gerados, incluindo o seu grau de veracidade, quer a validação do modelo emocional adoptado bem como da metodologia de classificação proposta, sentiu-se a necessidade de proceder a um tratamento especial destes casos, vislumbrando a possibilidade da utilização do sistema como forma de mitigação, ainda que parcial, da situação de ansiedade assumida pelos participantes.

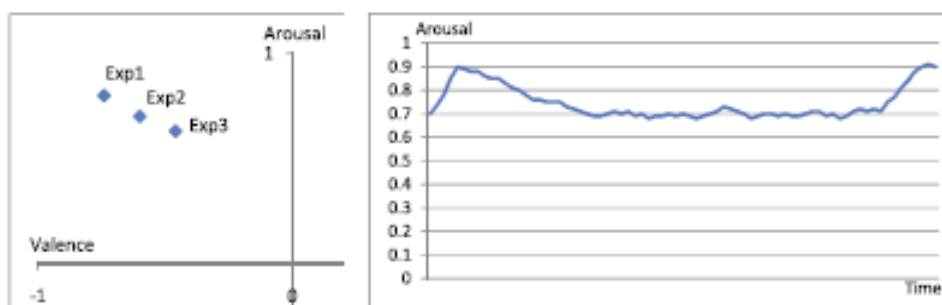


Ilustração 37 – Dados Médios dos Sujeitos com Medo de Voar & Níveis Médios de Arousal

Neste contexto, foram registados sete indivíduos que alegaram ter algum grau de *fobia* associada a voar, sendo que seis deles identificaram os processos de *take-off* e aterragem da aeronave como as mais difíceis de superar do ponto de vista emocional. Para estes casos, o protocolo experimental foi ligeiramente adaptado de forma a possibilitar a repetição do mesmo em alturas temporalmente afastadas, de forma a testar, ainda que de forma provisória e de base puramente experimental, a adequabilidade da plataforma desenvolvida como forma de mitigação parcial dos níveis de ansiedade espoletados nas situações descritas. Os resultados encontram-se apresentados através da Ilustração 37, onde é possível constatar a diminuição progressiva, ao longo das três sessões efectuadas, dos valores médios de *arousal* e

o crescendo consistente dos valores de *valence*, indicando que a experiência foi vivenciada de forma cada vez menos *nervosa* e *ansiosa*.

Na mesma ilustração, o gráfico da direita representa os níveis médios de *arousal* ao longo das sessões experimentais para os sujeitos que declararam o referido desconforto associado a experiências aeronáuticas. Nesta medida, considerou-se pertinente a monitorização isolada desta variável ao longo da simulação de forma a testar a hipótese que defende que os cenários associados às descolagens e aproximações à pista com consequente aterragem constituem os elementos de maior ansiedade durante as experiências de voo. A confirmação deste princípio a partir das sessões virtuais definidas constituir-se-ia como um factor objectivo da adequabilidade e grau de imersividade dos conteúdos multimédia gerados e apresentados.

Desta feita, e tendo os enunciados pontos presentes, os dados recolhidos e sumariados no gráfico patente através da Ilustração 37, confirmam que as situações enunciadas, tipicamente concentradas no início e fim das sessões, encerram maiores níveis de ansiedade, especialmente para os sujeitos com algum grau de *fobia* associada ao voo, pelo que este estudo é importante para a extracção de conclusões objectivas relativamente ao grau de adequabilidade, realismo e imersividade dos conteúdos multimédia escolhidos para a última versão do protótipo *BioStories*.

De forma complementar à abordagem descrita nos parágrafos anteriores, considerou-se, igualmente importante a recolha de dados de forma universal aos sujeitos das sessões experimentais. Para além da necessária monitorização biométrica e das oscilações sintácticas e semânticas registadas a este nível, complementou-se o estudo através da incorporação de um processo de classificação do grau de imersividade da experiência. Neste capítulo, os participantes foram convidados, findas as respectivas actividades experimentais, a classificar a sessão do ponto de vista do realismo e imersividade dos conteúdos apresentados, numa escala de 1 a 5, sendo 1 traduzido por uma experiência muito pouco imersiva e 5 como muito imersiva.

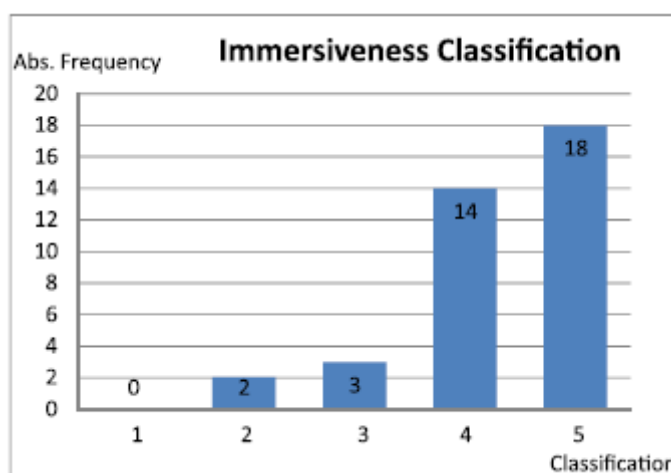


Ilustração 38 – Distribuição da Classificação de Imersividade

Os resultados do inquérito encontram-se condensados através da Ilustração 38, a partir da qual é possível aferir que mais de 85% dos sujeitos classificaram a experiência como *imersiva* ou *muito imersiva*, sendo que o valor médio foi de 4,3 pontos na referida escala de 1 a 5. Estes resultados corroboram as análises objectivas descritas anteriormente, nomeadamente ao nível das oscilações biométricas registadas bem como a análise dos níveis de ansiedade dos sujeitos

com algum grau de *fobia* de voar. Esta abordagem tem também como objectivo a validação da utilização, não só de conteúdos multimédia tridimensionais virtuais, como especialmente a sua visualização através de dispositivos imersivos como os óculos com rastreamento 3D utilizados ao longo das sessões experimentais conduzidas.

Não obstante as referências aos objectivos gerais dos processos expostos já efectuadas até ao momento, seguindo o princípio levado a cabo ao longo das abordagens das temáticas anteriores, reserva-se a realização da análise crítica aos resultados agora expostos para a secção 6.4, inteiramente dedicada à extracção de conclusões sobre o presente tópico.

6 Análise Crítica e Conclusões

Neste capítulo são tecidas as considerações resultantes da análise crítica aos resultados apresentados no ponto anterior. Como consequência são extraídas as respectivas conclusões, sendo que a exposição segue um modelo semelhante à divisão temática efectuada nos capítulos 1 e 1, sendo desta feita realizada uma segmentação diferente, não centrada na evolução do trabalho, mas sim do ponto de vista dos domínios científicos abordados, de forma a potenciar a confrontação com a formulação das hipóteses iniciais.

6.1 Sub-Projectos Paralelos

Relativamente à condução dos projectos paralelos ao tema central do trabalho, e dedicando especial atenção ao projecto relacionado com os mecanismos de interacção baseados em detecção de acções por electromiografia, realiza-se, neste ponto a análise crítica dos resultados, expostos aquando da secção 5.1, efectuando o paralelo com a descrição do projecto, objecto da secção 4.1. Tendo em consideração a contextualização marginal desta abordagem, face à dimensão e temática do trabalho global, entende-se, como factor adjuvante à manutenção da coerência e compartimentação da exposição, realizar, igualmente, neste ponto a análise referente às perspectivas de desenvolvimento e trabalho futuro, de forma exclusiva a este projecto de *spin-off*.

Relativamente à análise crítica dos resultados, e lembrando que a contextualização do projecto se inseria na fase inicial do trabalho global, especialmente no que se refere à primeira instanciação da *framework* de desenvolvimento, importa salientar que estes objectivos de índole técnica foram amplamente alcançados, tendo-se verificado elevados níveis de eficácia relativamente aos mecanismos de aquisição e comunicação dos dados bem como se demonstrou uma elevada capacidade da plataforma ao nível da flexibilidade de incorporação de equipamentos bem como de entidades aplicacionais de controlo e processamento de dados, mesmo tratando-se de várias instancias da mesma aplicação.

Tendo em consideração aspectos relacionados com os objectivos específicos da linha de investigação tomada, uma importante conclusão que ressalta dos resultados apresentados prende-se com a clara distinção ao nível da eficiência comportamental entre os utilizadores experientes e aqueles a quem não foi dada qualquer formação ou hipótese de contacto prévio com a aplicação. Verifica-se o impacto extremamente positivo, potenciador dos níveis de usabilidade da aplicação desenvolvida e, consequentemente, da abordagem do mapeamento de acções detectadas por electromiografia para dispositivos de interacção, de um contacto prévio de treino com a aplicação bem como da formação dos fundamentos teóricos e da metodologia de detecção de acções. Não obstante esta evidência, verifica-se que mesmo o grupo de utilizadores não experimentados, a primeira impressão da aplicação permitiu alcançar resultados igualmente satisfatórios, indicando que a aprendizagem da correcta utilização da tecnologia se processa de forma célere.

Considerando o motor de classificação, regista-se, como um ponto extremamente positivo, a capacidade da distinção entre o acto involuntário de pestanejar e o seu correspondente voluntário de piscar o olho, especialmente quando é efectuada uma correcta parametrização por parte do utilizador. Não obstante esta optimização, mesmo assumindo os valores por defeito, é ainda assim possível realizar a maior parte das classificações sem perda significativa de acuidade. Demonstrou-se que a abordagem proposta, de carácter simples, foi a

adequada para a resolução do problema de classificação em causa, potenciando, simultaneamente, a sua completa e directa incorporação em dispositivos embebidos devido aos reduzidos requisitos técnicos de processamento, aliás objectivo primeiro do projecto proposto.

De forma dual aos pontos positivos identificados, importa ainda referir alguns elementos negativos passíveis de serem debelados, nomeadamente, ao nível da existência de falsos positivos resultado da actividade muscular diversa da do fecho intencional do olho. Estas classificações erradas fazem parte da bateria de actividades experimentais conduzidas cujos resultados foram já expostos, e dizem, maioritariamente, respeito a movimentos de cabeça bruscos de amplitude considerável, perpetrados, genericamente, pelo grupo de utilizadores não treinados. Noutra perspectiva, alguns fechos intencionais dos olhos não foram detectados como tal, necessitando da impressão de mais *vigor* na acção, no entanto, esta dificuldade é passível de ser suprimida através da correcta definição dos parâmetros de classificação da aplicação. Por fim, algumas situações de menor importância e ocasionais relacionadas com a estabilidade e fiabilidade da aplicação foram detectadas, especificamente respeitantes ao mapeamento entre a classificação da acção e a activação da interacção. Estes problemas devem-se, na sua essência, à falta de maturidade da ferramenta e não com os seus princípios basilares.

Em consequência da efectuada e apresentada análise crítica dos resultados obtidos, foram identificados diversos tópicos de oportunidade de trabalho futuro que são objecto de enunciação e descrição através da seguinte lista:

- Aquisição ou desenvolvimento de solução de *hardware* que elimine a necessidade da existência de fios para a transmissão de dados sem comprometer os actuais níveis de fiabilidade, possibilitando, idealmente, o recurso a contacto seco de eléctrodos;
- Incorporação prática dos algoritmos desenvolvidos em equipamento embebido, sem a necessidade do recurso a ambientes de elevado desempenho computacional;
- Extravasamento do âmbito estrito de prova de conceito com a aplicação da tecnologia a domínios práticos, nomeadamente na área do auxílio de pessoas com necessidades especiais como mecanismo de interacção primário, bem como em áreas vocacionadas para a complementaridade dos tradicionais meios de interacção tais como condução automóvel, aplicações tradicionais em ambiente computacional, entre outras.

Em suma, e fechando a descrição global do projecto de *spin-off*, considera-se que a manifesta oportunidade da condução de uma linha de investigação autónoma, nascida a partir da investigação relacionada com o trabalho principal, revela o potencial diversificador e abrangente que o tema do projecto global encerra, sendo este apenas uma das possíveis linhas divergentes a este associada. De forma mais específica, considera-se que todos os objectivos inicialmente propostos bem como a hipótese que seria possível a definição de um mecanismo de interacção homem-máquina baseado numa perspectiva de electromiografia minimamente invasiva e com reduzidas modificações ao contexto ambiental no qual o utilizador se encontra, foram totalmente cumpridas. Do ponto de vista estritamente técnico, a solução de classificação proposta permite a sua incorporação em dispositivos de reduzida capacidade de processamento e o seu desenvolvimento proporcionou um teste de eficácia, eficiência e flexibilidade à plataforma então desenhada. Adicionalmente, e face ao sucesso e originalidade da proposta, o projecto deu lugar a pedido de patente nacional, remetido em apêndice, tendo a sua vertente internacional sido abandonada por parte da UPIN meramente por questões de ordem financeira.

6.2 Abordagem Inicial e *Framework* de Desenvolvimento

Nesta secção é realizada uma análise crítica às actividades desenvolvidas no âmbito das actividades experimentais iniciais bem como são tecidos comentários referentes ao grau de adequabilidade e evolução da plataforma de desenvolvimento ao longo das diferentes versões do projecto e do mitigar das necessidades que a contínua evolução do trabalho, necessariamente, exigiu. Deste modo, é com naturalidade que existam diversas referências aos resultados apresentados aquando da secção 5.2 bem como da descrição das actividades agora em análise ao longo dos pontos 4.1 e 4.2.1.

As actividades experimentais conduzidas no preâmbulo do trabalho, realizadas com o objectivo de testar a arquitectura da *framework*, mas sobretudo com intuito de melhor perceber a exequibilidade da classificação de estados biométricos de forma automática tendo em consideração os equipamentos ao dispor. Para o efeito, a definição das sessões experimentais, conduzindo à constituição de três estados sequenciais e progressivos desde o estado de *alegria* até à *tristeza*, permitiu testar, com sucesso, a aplicabilidade da ferramenta auxiliar *IAPS Wizard*. De referir ainda que este procedimento prestou a necessária atenção relativamente à diferenciação do género dos sujeitos da actividade experimental – mormente devido aos conteúdos de índole sexual.

Ainda de forma prévia à realização da análise crítica aos resultados obtidos a partir de cada um dos canais biométricos, importa referir a relevância dos mecanismos adoptados de pré-processamento dos dados de índole estatístico, nomeadamente ao nível da política de descarte de sessões, remoção de picos e decimação dos dados. Através desta metodologia, previamente alvo de referência e descrição, foi possível o estudo pormenorizado dos padrões dos sinais, bem como aferir, numa fase inicial do grau de adequabilidade de alguns dos equipamentos para os efeitos desejados.

Relativamente aos sinais adquiridos a partir do equipamento de electroencefalografia, os dados mais significativos encontram-se visíveis através da Ilustração 33, onde é visível a evolução temporal dos valores médios das ondas *beta* e *gama*. A marcação no eixo temporal dos eventos de mudança de estado referente à apresentação dos conteúdos multimédia, permite perceber a extrema correlação entre o valor de amplitude dos sinais e o conteúdo apresentado, sendo que se verifica uma relação directa entre os valores de *valence* e a amplitude do sinal, sendo este mais forte no estado catalogado de *alegria*, verificando-se o seu decréscimo idêntico na passagem para o estado etiquetado de *neutro* e consequentemente para o catalogado de *tristeza*. Estas considerações são especialmente suportadas pela versão da apresentação dos dados após o pré-processamento dos dados, em especial após o mecanismo de decimação[142].

Ainda relativamente aos dados recolhidos a partir do Neurobit Lite, procedeu-se ao comparativo dos resultados entre géneros, realizando a distinção entre as respostas biológicas dos sujeitos do sexo masculino das dos sujeitos do sexo feminino, igualmente para as ondas *beta* e *gama*. Tal como patente através da Ilustração 34, verificou-se, para ambas as frequências, respostas biológicas muito mais profundas e assertivas por parte dos indivíduos do sexo feminino, sugerindo, fortemente, a sua maior predisposição para indução de estados emocionais[141]. No caso dos sujeitos do sexo masculino, verificou-se, especialmente, para as ondas *beta*, uma ligeira inversão relativamente ao padrão global detectado, no que se refere ao comportamento relativo típico referente ao estado catalogado de *tristeza*. Neste ponto em particular, verificou-se, em média, um aumento da amplitude do sinal, contrariando a tendência, tendo-se justificado este facto com a existência de imagens relacionadas com

cenários de guerra envolvendo acções militares ou situações de socorro. Deste modo, e ao passo que os indivíduos do sexo feminino não só associaram como *sentiram* estes estímulos visuais como evidentes sinais de *tristeza*, diversos elementos do sexo masculino, encararam-nos como conteúdos de acção, não necessariamente nefastos, o que conduziu ao seu excitação, contrariando o propósito inicial.

Os resultados obtidos a partir do equipamento responsável pela leitura da resposta galvânica da pele encontram-se patentes através da Ilustração 35, sendo apresentados sob a forma dos valores de resistência – em alternativa poder-se-ia ter considerado os valores inversos de condutância. Com esta abordagem, é possível a aferição, de forma indirecta, o nível de sudação dos sujeitos, ao nível das palmas das mãos. Importa referir, por motivos logísticos já explicitados, que esta análise não foi possível de ser realizada para a totalidade dos voluntários, sendo o conjunto de teste restrito a cinco sessões experimentais, tal como é visível através da Ilustração 36A. Neste ponto, em particular, muito embora na sessão ilustrada no primeiro caso tenha sido possível a recolha dos dados de forma adequada, nas restantes, é perceptível, mesmo com os mecanismos de pré-processamento aplicados, a ausência de adequabilidade do equipamento em questão – não necessariamente do canal biométrico – mormente devido a questões de ordem prática relacionadas com a perda de contacto dos eléctrodos com a palma da mão, como consequência da perda de elasticidade da banda de apoio. De igual modo, verificou-se que o mecanismo de fixação dos eléctrodos era extremamente sensível a ruído oriundo de movimentos manuais, por muito ténues que fossem, conduzindo à conclusão da necessidade de substituição do equipamento em causa por outro com mais elevados padrões de usabilidade. Não obstante os inconvenientes detectados, a sessão detalhada na Ilustração 35, permite a detecção de um padrão relativo a um aumento de sudação em contextos mais desagradáveis bem como a sua normalização em ambientes neutros. Os níveis de resistência baixos ao início deveram-se a uma sudação normal inicial ao invés de retratarem fielmente o estado emocional do sujeito.

Relativamente ao canal biométrico relacionado com o ritmo cardíaco, pese embora este tenha sido alvo de monitorização constante durante todas as sessões experimentais conduzidas, os valores médios por etapa, tal com apresentados através da Ilustração 36B, considera-se que as mínimas oscilações verificadas ao longo das diversas etapas não constituem, por si, um mecanismo fiável de classificação de estados emocionais. Esta conclusão tem-se por válida exclusivamente para o nível das emoções desencadeadas em ambientes controlados com recurso único a apresentação de imagens estáticas.

Este último ponto conduz a análise para o domínio da eficácia da indução de estados emocionais verídicos e profundos a partir da simples apresentação de conteúdos multimédia estáticos. Neste domínio, e face aos resultados apresentados referentes às actividades experimentais preliminares, percebe-se que as oscilações emocionais verificadas são na sua grande maioria necessariamente ténues – em ambientes em que a sessão é apresentada de forma completamente premeditada – e susceptíveis a interpretações culturais e sexuais.

Relativamente ao segundo ponto, respeitante à análise do comportamento da *framework* de desenvolvimento e suporte ao longo de todo o trabalho, esta deverá ser, necessariamente, enquadrada no âmbito da sua definição. Relembrando, de forma resumida, os seus objectivos iniciais, alvo de enumeração detalhada ao longo da secção 3.1 e descrição pormenorizada ao longo do 3.2, pretendia-se a definição e desenvolvimento de uma plataforma capaz de proporcionar uma modularidade total face aos seus principais componentes, de forma a potenciar a sua substituição e evolução constante ao longo de todo o trabalho; maximizar o

grau de flexibilidade do conjunto de canais biométricos a monitorar; possibilitar a distribuição geográfica, quer ao nível dos seus módulos, quer ao nível dos diversos intervenientes do processo experimental; possibilidade de monitorização e processamento dos dados em tempo real bem como proceder ao armazenamento dos dados para análise e processamento diferido; e por fim, maximização do grau de independência face a aplicações proprietárias de entidades externas.

Tendo estes propósitos iniciais em consideração, pode-se concluir que a partir dos resultados explicitados na secção 5.2, referentes às diversas instanciações da plataforma de desenvolvimento, todas estas se pautaram pelo respeito do desenho da arquitectura original, ilustrando a sua completa modularidade sempre que foi exigida a substituição dos equipamentos biométricos bem como a incorporação de dispositivos de visualização alternativos. De forma a corroborar a dupla faceta de análise em tempo-real e em diferido, a existência sobre a plataforma do protótipo de *Emotion Automatic Assessment* e mais tarde dos protótipos *BioStories* em tempo-real transparecem, na perfeição, esta dupla faceta, inicialmente proposta. O princípio implementado desde a sua primeira instanciação, relativamente à comunicação dos dados utilizando o protocolo TCP/IP permitiu, atingir, desde a primeira hora, a desejada possibilidade de distribuição lógica e, opcionalmente, física dos diferentes componentes e *stakeholders* de todo o processo. Por fim, tal como ilustrado através das diversas versões e protótipos a que serviu de suporte, bem como ainda o projecto de *spin-off* respeitante ao *Controlo de Rato por Electromiografia*, torna visível a flexibilidade e adaptabilidade da solução desenhada para diversos fins, podendo a *framework* ser usada na sua plenitude, incluindo o fecho do ciclo do fluxo da informação ou a sua utilização parcial com apenas recolha de dados biométricos para diversos fins.

Resumindo esta análise crítica relativa à plataforma de suporte desenvolvida, é com segurança que se pode afirmar que a totalidade dos objectivos enunciados *a priori* foram total e amplamente alcançados tal como os resultados práticos obtidos evidenciam. A sua repetida utilização em diferentes contextos ao mesmo tempo que serviu de suporte às diferentes versões do protótipo desenvolvido bem como foi se constituiu como uma câmara experimental, permite a extracção da conclusão definitiva relativa à concretização dos objectivos não se limitando à totalidade da duração do horizonte temporal durante o qual o trabalho teve lugar, permitindo vislumbrar utilizações futuras da *framework* em questão, quer na continuidade do projecto em questão, quer em linhas de investigação complementares bem como divergentes.

Em suma, as principais conclusões extraídas a partir da abordagem experimental inicial a par com a análise global da *framework* prendem-se com:

- Excelentes indicadores quanto à possibilidade da interpretação de sinais biométricos tendo em vista a classificação automática em tempo real dos estados emocionais dos sujeitos.
- Necessidade da procura de canais biométricos alternativos aos experimentados no sentido da eliminação da dupla necessidade de controlo absoluto dos movimentos dos voluntários bem como da aquisição de equipamento de custo elevado e utilização desconfortável, especialmente no caso da electroencefalografia com recurso a equipamentos multi-canal.
- Não obstante a consequente decisão de investigação de metodologias automáticas de detecção de emoções baseadas em conteúdos estáticos verifica-se a utilidade da complexificação, dinamismo e enriquecimento dos conteúdos multimédia

apresentados de forma a potenciar a intensidade e veracidade dos estados emocionais experimentados bem como promover a eliminação da dualidade da sua interpretação, em especial ao nível sexual e cultural.

- Necessidade da aquisição de equipamento de resposta galvânica da pele com mais precisão e mecanismo de fixação dos eléctrodos menos susceptível a movimentos do utilizador.
- Completa adequabilidade do desenho original da plataforma, tendo-se alcançado a plenitude dos seus objectivos, mormente ao nível da flexibilidade, modularidade, distribuição de componentes e independência face a entidades externas. Esta conclusão é potenciada pelo dinamismo apresentado face à possibilidade de suporte a actividades experimentais de carácter diverso.

Conclui-se, deste modo, que as actividades conduzidas aquando da abordagem inicial, atingiram plenamente os seus objectivos tendo adjuvado a corroboração da adequabilidade do desenho da plataforma de suporte – mais tarde reconfirmada através da implementação das diversas versões do projecto *BioStories* – bem como permitiu, desde cedo, a confirmação da possibilidade de indução e classificação de estados emocionais através de conteúdos multimédia e monitorização de dados biométricos, ao mesmo tempo que alertou para a necessidade de reformulação do uso de determinados equipamentos bem como dos mecanismos de apresentação e grau de profundidade dos conteúdos multimédia a serem utilizados.

6.3 Modelação, Indução e Classificação de Estados Emocionais

Esta secção pretende debruçar-se sobre a análise crítica dos resultados alcançados ao nível da modelação, classificação e indução de estados emocionais ao longo de todo o trabalho, fazendo referência, necessariamente, às várias versões dos protótipos desenvolvidos. Deste modo, são, consequentemente, referidas e justificadas as principais opções tomadas bem como as assinaladas adaptações às abordagens conduzidas em cada caso.

Seguindo o processo habitual, de forma a promover a inteligibilidade de toda a exposição, a presente secção encontra-se dividido em dois pontos: o primeiro dedicado à extracção de conclusões da primeira abordagem considerando mormente o EAT; e o segundo contemplando as evoluções do protótipo *BioStories* nas suas versões sobre a *IAPS Library* e , posteriormente, em ambiente tridimensional imersivo.

6.3.1 EAT

Realizando uma análise crítica aos resultados da abordagem que resultou no desenvolvimento do EAT – ver 4.2.3.1 – previamente apresentados ao longo do ponto 5.3.1, importa ter presente, em primeiro lugar, os objectivos propostos. Estes consistiram na constituição de uma abordagem inicial ao processo de classificação de estados emocionais sem qualquer tipo de requisito de tempo-real, pretendendo-se proceder à determinação do estado emocional predominante das sessões experimentais conduzidas a partir, exclusivamente dos sinais biométricos oriundos do EEG – em particular das ondas de alta frequência *Beta* e *Gama*. Esta especificação é importante pois nesta fase não se pretende avaliar o processo de classificação *online* nem, de forma exaustiva e determinante, a necessária fusão sensorial.

Deste modo, neste ponto, é apenas realizada a análise crítica referente ao processo de classificação emocional global à sessão, consequentemente de forma *offline* sem requisitos de

tempo real, e são abordadas, de forma superficial, as questões relativas à modelação e indução de estados emocionais bem como a problemática da fusão sensorial que neste caso se resume à política de conciliação do processo de classificação para as diferentes frequências alvo de análise.

Iniciando o estudo pela problemática da classificação emocional, mediante os objectivos previamente enunciados, as taxas de sucesso apresentadas de sessenta e quatro por cento e setenta e quatro por cento – considerando ou não a política de descarte de determinadas sessões – estas reflectem um nível de sucesso considerável e medianamente dentro dos padrões desejados para uma abordagem inicial deste tipo.

Deste modo, a primeira base do trabalho encontrara-se tomada, uma vez que os resultados obtidos permitem a definição de um protótipo de prova de conceito da possibilidade de classificação emocional somente baseado em dados biométricos dos utilizadores com uma taxa de sucesso perfeitamente adequada para as aplicações práticas ligadas ao entretenimento de conteúdos multimédia.

Não obstante a componente significativa destes resultados, em especial das elevadas taxas de sucesso para a *tristeza* – setenta e cinco e oitenta por cento – considera-se que, para os efeitos desejados levando em linha de conta os objectivos global da investigação, a linha de tratamento à problemática deveria ser alterada, principalmente pelo seguinte racional:

- O número de estados emocionais discriminados é manifestamente reduzido pelo que é necessário enveredar por um mecanismo diversificador quanto à modelação emocional sem com isso comprometer as taxas de sucesso referentes ao processo de classificação;
- O processo de classificação baseado em *clusters* pressupõe a colecção antecipada de todos os dados biométricos não sendo adequada para o processamento em tempo real, pelo que é necessário proceder ao desenvolvimento de uma estratégia de classificação baseada nos dados *on-the-fly*;
- O mecanismo de classificação é unicamente baseado nos dados biométricos oriundos do EEG, não tendo em consideração os restantes equipamentos, pelo que a estratégia global terá, necessariamente de lidar com a questão da fusão sensorial, até ao momento apenas abordada superficialmente para ondas de actividade eléctrica cerebral de frequências distintas;
- O EAT não potencia o fecho do fluxo de informação, pelo que é imperativo proceder a esta actividade usufruindo da totalidade do desenho da plataforma, ao mesmo tempo que é necessário elaborar a estratégia de selecção e distribuição do *próximo* conteúdo multimédia;

A estas questões, que não comprometem o sucesso estrito da abordagem levada a cabo pelo EAT cujos objectivos se encontram perfeitamente enquadrados e contidos como uma prova de conceito experimental, importa adicionar a preocupação da adequabilidade geral da utilização do EEG como canal fiável de recolha de dados de carácter interpretativo emocional.

Neste domínio, os resultados apresentados em 5.2 e discutidos em 6.2, corroboram a sua extrema sensibilidade ao ruído introduzido por movimentos corporais do sujeito bem como a factores externos e interferências eléctricas. A verificação deste tipo de dificuldades num ambiente extremamente controlado faz antever obstáculos ainda mais complexos na sua aplicação num contexto real. A manutenção do EEG como canal viável implicaria a substituição do equipamento por um outro de gama mais elevada, impreterivelmente

multicanal e com certificação médica. No entanto esta opção teria custos in comportáveis para o projecto bem como, intrinsecamente, retiraria o grau de imersividade adequado para a linha de investigação a seguir, influenciando os estados emocionais a serem desencadeados e vivenciados a partir dos conteúdos multimédia.

Relativamente aos mecanismos de modelação e indução emocional, os resultados desta aproximação vêm validar a adopção dos conceitos de *valence* como intimamente ligados à disposição geral emocional, sendo que altos valores de *valence* indiciam estados emocionais relacionados com *alegria* e baixos valores encontram-se relacionados com a *tristeza*. Esta abordagem unidimensional comportou-se tal como previsto, tendo-se registado sucesso a este nível de modelação. Já relativamente ao processo de indução emocional, e intimamente relacionado com os resultados das actividades experimentais, o nível da sua intensidade revelou-se uma limitação, nomeadamente, ao nível dos restantes canais biométricos seleccionados, prevendo-se a necessidade do enriquecimento dos conteúdos multimédia apresentados bem como do seu respectivo grau de imersividade.

Face ao exposto, e em suma, a condução da aproximação com o desenvolvimento do EAT correspondeu aos seus objectivos iniciais de se constituir como um primeiro ensaio de prova de conceito e teste, nomeadamente ao nível da classificação automática de estados emocionais unicamente tendo por base os dados biométricos do utilizador, sendo estes induzidos por conteúdos multimédia alvos de pré-selecção. Do ponto de vista da identificação de linhas de optimização a tomar para a linha de investigação em curso enunciam-se as relacionadas com a necessidade de modelação formal de um espaço de estados emocionais alargado, definição de um mecanismo de classificação emocional em tempo real bem como da fusão sensorial ao nível dos canais biométricos, procedendo ao abandono do EEG, sendo o processo complementado com o fecho do fluxo de informação através da escolha e apresentação de conteúdos multimédia adaptados.

O resultado desta análise crítica foi, naturalmente, alvo de incorporação aquando do desenho e desenvolvimento do primeiro protótipo funcional do *BioStories* e continuamente refinadas ao longo das suas posteriores evoluções.

6.3.2 Protótipos *BioStories*

Relativamente aos tópicos em análise neste ponto, nomeadamente a necessária crítica às metodologias propostas e resultados alcançados ao nível da modelação, indução e classificação emocional ao longo dos protótipos *BioStories*, alvos de descrição e contextualização pormenorizada ao longo das secções 4.2.3.2 e 4.3 cujos resultados experimentais foram apresentados nos pontos 5.3.2 e 5.3.3, importa, neste estágio realizar uma abordagem inicial compartimentada pelas versões do projecto, ao passo que se considera interessante realizar um saldo global, numa perspectiva integradora.

Face ao exposto, numa primeira fase, conclui-se que o protótipo *BioStories sobre IAPS Library* alcançou os propósitos iniciais a diversos níveis. A saber, trata-se da primeira integração totalmente funcional e vertical da arquitectura proposta. Pese embora ensaios anteriores, já descritos, tenham atingido o correcto desenvolvimento e implementação de diversos módulos do sistema – recolha e processamento de dados biométricos; distribuição física e lógica dos componentes e dados; flexibilização e independência do conjunto equipamentos; e apresentação síncrona de conteúdos multimédia – não havia sido ainda experimentada a integração de todos os módulos de uma forma totalmente coerente e harmoniosa. O facto do sucesso alcançado ao nível da completude da arquitectura

inicialmente proposta bem como da sua validação, é, em si mesmo, um factor extremamente positivo que ressalva da presente análise crítica. Esta posição é justificada uma vez que o fecho do ciclo de informação permitiu a sua completa replicação na versão final do protótipo, ao mesmo tempo, que potenciou a substituição transparente dos equipamentos de recolha e monitorização dos canais biométricos.

Não obstante a identificada importância da componente técnico-sintática do sistema, a grande contribuição desta versão do protótipo consiste, e respeitando o tema deste capítulo, nas propostas efectuadas ao nível da componente emocional, ao longo das suas três vertentes em análise: modelação, indução e classificação.

Relativamente ao primeiro ponto, a metodologia proposta relativa à adopção do modelo circunplexo de Russell, promovendo a sua apresentação pictórica com os principais estados emocionais ilustrados directamente no plano, permitiu que o processo de modelação se tornasse mais compreensível e directamente interpretável, quer para os investigadores, quer sobretudo, para os sujeitos experimentais, sendo determinante para a aferição do processo de classificação e indução.

A metodologia proposta relativa ao processo de classificação emocional está fortemente correlacionada com o modelo adoptado e adaptado que baseia a sua definição na conjugação dos pares de *valence* e *arousal* para a definição de um ponto cartesiano no plano. A abordagem directa de mapeamento de cada canal biométrico a um eixo coordenado mediante a introdução de um mecanismo referencial de *self assessment* por parte do utilizador constituiu uma importante opção e contribuição para a definição de uma prova de conceito relativamente à temática da fusão sensorial entre canais biométricos tendo como objectivo primário a classificação emocional. Pese embora os resultados alcançados se cifrem, globalmente, numa taxa de sucesso de cerca de sessenta por cento, entende-se que estes devem ser potenciados através do refinamento do processo de cálculo das componentes *valence* e *arousal*, quer através da utilização de um maior número e maior diversidade de canais biométricos, quer, mormente, mediante novas propostas de abordagem de fusão sensorial. O sucesso e flexibilidade da metodologia de *pinpoint*, por parte do utilizador, do seu estado actual, para efeitos de calibração e aferição do processo de classificação, conduziram à sua manutenção e replicação melhorada ao longo da versão subsequente do protótipo *BioStories* em ambiente tridimensional imersivo.

O processo de indução emocional pretendeu, sobretudo, mensurar a adequabilidade da apresentação de conteúdos baseados unicamente em imagens, ainda que fortemente conotadas com emoções, de forma a testar a hipótese já levantada aquando do desenvolvimento do EAT que estes não seriam suficientes para o desencadear de respostas biométricas significativas. Os resultados corroboram esta tese, especialmente ao nível da indução do medo ou de estados de elevada ansiedade, uma vez que estes tendem a depender de aspectos culturais e de aspectos pessoais, não havendo lugar à verdadeira construção de um cenário realista somente através da apresentação de diapositivos. Pese embora esta conclusão, para os restantes estados analisados, os níveis de indução emocional para o primeiro e terceiro quadrantes registam níveis acima dos setenta por cento o que satisfaz os requisitos do sistema para aplicações não-médicas. No entanto, e globalmente, entende-se que é útil o enriquecimento dos conteúdos multimédia apresentados, de forma a potenciar a indução de todo o espectro emocional ao mesmo tempo que não se compromete a utilização de mais canais biométricos. Esta abordagem, entre outras é objecto de desenvolvimento e implementação coerente e justificada ao longo do protótipo final do *BioStories*.

6.4 Conteúdos Multimédia Dinâmicos

Esta secção pretende realizar uma análise crítica aos resultados obtidos do ponto de vista do grau de adequabilidade dos conteúdos multimédia dinâmicos utilizados ao longo do trabalho. Pese embora o estudo se debruce, primariamente, sobre o seu impacto enquanto agentes de indução e potenciadores de determinados estados emocionais, são, igualmente, tecidas considerações relativamente à sua índole técnica, nomeadamente ao nível da distribuição de conteúdos dinâmicos. Nesta medida, é importante ter presente não só as conclusões extraídas ao longo das secções anteriores, mas sobretudo as descrições realizadas nos pontos 4.2.3 e 4.3, bem como os resultados discriminados em 5.3 e, especialmente na secção 5.4.

De salientar ainda em pré-análise, que atendendo ao propósito do trabalho bem como aos domínios de aplicação identificados, as hipóteses de indução de estados emocionais alternativos aos conteúdos multimédia – alvo de descrição aquando da análise de trabalho relacionado – foram desconsideradas para a presente crítica uma vez que não seriam aplicáveis, reservando-se assim a análise crítica para a área que titula esta secção.

Deste modo, as abordagens preliminares, baseadas exclusivamente em conteúdos estáticos, nomeadamente as imagens presentes na *IAPS Library*, pese embora tenham servido os seus propósitos iniciais e validado sumariamente a hipótese proposta no presente trabalho, rapidamente se esgotaram quanto à profundidade dos estados emocionais gerados e largura de espectro emocional. De forma complementar, os resultados alcançados permitiram descortinar importantes limitações culturais e sexuais associadas a este tipo de repositório estático. Não obstante, a sua utilização revelou-se vital para a validação de diversos aspectos fulcrais ao trabalho, sendo de salientar a arquitectura da *framework* desenhada, os modelos de indução e classificação emocional bem como a metodologia de classificação emocional baseada em leituras biométricas.

Atendendo às conclusões extraídas e referidas de forma condensada no parágrafo anterior, é com naturalidade que é verificado o salto qualitativo alcançado aquando da mais recente versão do protótipo *BioStories*, neste especial domínio, ao nível dos conteúdos multimédia apresentados aos utilizadores. Desta feita, os resultados experimentais vieram comprovar que o enriquecimento dos conteúdos – passando de imagens estáticas entremeadas por separadores para uma simulação aeronáutica tridimensional na primeira pessoa – a par da alteração dos mecanismos de visualização – evolução de monitor tradicional de computador para óculos imersivos com rastreamento de posição tridimensional – tiveram um impacto extremamente positivo, quer ao nível dos mecanismos de indução emocional, quer ao nível do grau de imersividade e completude dos conteúdos *per si*. Esta análise é corroborada pelos resultados experimentais alcançados, nomeadamente através do espectro e profundidade dos estados emocionais experimentados pelos utilizadores e detectados pelo sistema desenvolvido, mas igualmente por três dados adicionais complementares: inquéritos realizados após as sessões experimentais; análise dos sujeitos com predisposição para altos níveis de ansiedade em voo; e correlação entre os valores médios de *arousal* e fases da simulação, nomeadamente descolagem e aterragem.

Desta forma, a análise aos conteúdos multimédia utilizados durante o projecto, pode ser sumariamente efectuada mediante os seguintes primas principais: grau de complexidade dos conteúdos; tipo de ramificação permitida; e tecnologia de apresentação e distribuição. Assim sendo, quanto ao primeiro ponto, a complexidade dos conteúdos sofreu uma natural evolução monotonamente crescente até ao estágio alcançado na última versão do protótipo que contempla uma completa reprodução de uma simulação aeronáutica na primeira pessoa

incluindo, naturalmente componentes visuais e de áudio. Entende-se que quanto à complexidade dos conteúdos, esta vertente foi amplamente coberta pelo presente trabalho, especificamente no que concerne a ambientes virtuais não narrativos. Recordando que o espectro do protótipo desenvolvido se centra na verticalização da intervenção, considera-se que o objectivo foi também cumprido neste domínio.

Relativamente ao segundo ponto, os tipos de ramificação da linha de história permitida, este foi igualmente coberto pelas duas vertentes identificadas. Ao longo das primeiras versões do protótipo, enveredou-se pela opção de linhas de história finitas, pré-formatadas e pré-determinadas, uma vez que os conteúdos multimédia utilizados eram, também eles, finitos. Aquando da última evolução, a simulação aeronáutica permitiu, igualmente, para além do natural enriquecimento dos conteúdos, torná-los completamente virtuais e com isso permitir linhas de histórias não limitadas ou contidas a pré-formatações. Deste modo, alcançou-se a plenitude da flexibilidade na construção de histórias, uma vez que a inversão da discretização dos conteúdos conduziu a uma liberdade total do encadeamento de situações de acordo com os estados emocionais dos utilizadores.

Por último, relativamente à tecnologia de distribuição dos conteúdos, esta vertente sofreu, igualmente, uma natural evolução ao longo de todo o trabalho. No entanto, a definição da *framework* de desenvolvimento como etapa primordial do projecto, permitiu a completa flexibilidade, *ad initium*, quanto às soluções de distribuição e apresentação dos conteúdos. Não obstante este ponto ser, por maioria de razão e quase em exclusividade, técnico e por isso não foi alvo principal de investigação, foram estudadas diversas formas de implementação, tendo-se previsto sempre a existência de um módulo dedicado à produção e/ou recolha de conteúdos multimédia e um outro de disponibilização dos mesmos de forma a não comprometer a opção futura quanto à distribuição homo ou heterogénea dos conteúdos. Pese embora o presente trabalho se tenha focado em sessões experimentais unipessoais, a arquitectura definida prevê a sua instanciação em situações de audiência múltipla permitindo a massificação ou individualização da distribuição. Concretamente quanto aos mecanismos de visualização utilizados, os resultados experimentais alcançados permitem concluir que as soluções de *hardware* tradicionais são suficientes para a apresentação de conteúdos multimédia na perspectiva do desencadeamento de respostas emocionais mas que, contudo, estes resultados práticos são amplamente potenciados pela incorporação de mecanismos de visualização que aumentem a sensação de imersão como são disso exemplo os óculos equipados com visor e rastreamento de posicionamento e orientação da cabeça do utilizador. Desta feita, é permitido a este último, uma maior sensação de imersividade e com isso uma menor abstracção quanto aos conteúdos apresentados resultando numa mais intensa e verídica resposta emocional, detectável pelos meios biométricos seleccionados.

Não obstante a presente análise compartimentada, reserva-se a realização de uma perspectiva global para a secção subsequente.

6.5 Análise Global

Nesta secção é realizada uma crítica global aos resultados alcançados numa perspectiva, não de repetição sumária dos pontos abordados nas secções anteriores, mas sim providenciar uma visão global de todo o trabalho na perspectiva integradora da interpretação dos resultados em contraponto aos objectivos iniciais e como estes se relacionam com a hipótese estudada e a metodologia proposta. Deste modo, importa atender, não só aos capítulos dedicados à descrição do trabalho, mas também os que resultam deste ponto, nomeadamente a

identificação de futuras linhas de investigação bem como a importante extracção das principais contribuições do trabalho, que a presente reflexão tem por missão auxiliar a sua justificação.

Deste modo, e tendo presentes as diferentes facetas do projecto, importa salientar, inicialmente, que a decisão primeira do desenho e desenvolvimento de uma plataforma de suporte e teste a todo o trabalho provou, não só ser uma opção válida, mas sobretudo extremamente eficaz quanto à sua utilidade, flexibilidade e capacidade de integração de diferentes soluções de *hardware* bem como edições singulares e independentes dos seus módulos. O cuidado no seu desenho inicial providenciou as necessárias características para o correcto desenvolvimento das diversas versões do protótipo *BioStories* bem como suportou, na íntegra as sessões experimentais conduzidas. A evolução das abordagens individuais dos diferentes módulos – canais biométricos e correspondentes equipamentos; motor de classificação emocional; biblioteca e gerador de conteúdos multimédia; e mecanismo de visualização e distribuição de conteúdos – foi inteiramente permitido de forma independente e iterativa devido ao grau de modularidade da arquitectura conceptualizada e concebida. Estes resultados consubstanciam, por si, uma importante contribuição técnica do trabalho desenvolvido, na justa medida que o processo desenvolvimento da *framework* culminou na concretização de uma plataforma totalmente funcional respeitando, na íntegra, os requisitos iniciais bem como se assumiu como um importante componente central de todo o projecto, viabilizando a execução dos diversos protótipos bem como das sessões experimentais.

Numa segunda vertente, as diversas evoluções do *BioStories*, especificamente os resultados extraídos a partir das experiências conduzidas com diversos sujeitos permitiu a importante validação de várias opções vitais e definidoras do trabalho. A saber, encontram-se neste domínio as questões relacionadas com a adopção dos modelos de definição e classificação de estados emocionais bem como a escolha de *inputs* biométricos e das respectivas soluções de equipamento. As crescentes e coerentes taxas de sucesso de indução e classificação de estados emocionais ratificaram, na íntegra a hipótese inicialmente postulada de que os estados emocionais humanos poderiam ser classificados em tempo real tendo unicamente por base a leitura de determinados dados biométricos. Para além deste ponto, os mesmos resultados, a par da definição dos protocolos experimentais vieram validar a adopção do modelo bidimensional de Russell, não só para a classificação automática mas também para a percepção por parte do utilizador do funcionamento do processo e através desta realidade potenciar o sucesso do sistema. Ainda neste domínio, as soluções de *hardware* adoptadas revelaram-se, simultaneamente: completamente adaptadas para o propósito da prototipificação do trabalho, alcançando razoáveis níveis de não-intrusividade, não interferindo com a apresentação dos conteúdos multimédia; demonstradoras das linhas de investigação futura com o objectivo geral da sua miniaturização e aumento de acuidade, lobrigando diversas aplicações práticas em múltiplos domínios.

Num terceiro prisma, importa referir e salientar que a evolução dos resultados experimentais vem confirmar a adequabilidade das opções tomadas ao nível dos conteúdos multimédia objecto de selecção. A primeira fase do trabalho contemplou a aplicação directa de imagens estáticas da biblioteca *IAPS* de forma a obter um mapeamento directo entre a metainformação emocional destes conteúdos com o modelo de classificação emocional, à altura em validação. Demonstrou-se que esta opção foi não só sensata como vital para a corroboração das decisões basilares do trabalho. Aquando da última versão do protótipo, a evolução para conteúdos contínuos potenciados pela imersividade das soluções de visualização, constituiu, não só a

plenitude de cobertura do tipo de conteúdos multimédia, como o seu enriquecimento teve como efeito importante o aumento dos níveis de imersividade percebidos pelos sujeitos das actividades experimentais e com isso o aumento em largura e em profundidade dos estados emocionais atingidos. Deste modo, foram utilizados gradualmente e progressivamente conteúdos discretos e contínuos, parcial e totalmente dinâmicos com diferentes métodos de distribuição e visualização, potenciando assim a flexibilidade pretendida e desenhada de todo o trabalho.

Por fim, acredita-se que, porventura, a principal contribuição do presente trabalho, corroborada pelos resultados alcançados numa perspectiva inteira e una, consiste, essencialmente no desbravar de uma solução integradora de múltiplas áreas científicas vislumbrando a sua aplicação prática e real em diversos domínios, identificados em pormenor ao longo da secção 7.4, cada qual com os seus idiossincráticos desafios.

7 Perspectivas de Desenvolvimento e Trabalho Futuro

Como em todo e qualquer trabalho, e no contexto de um projecto de Doutoramento ainda de forma mais acentuada, a definição da linha da sua conclusão tem como efeito imediato o condicionamento oportunístico de linhas de investigação futuras. Atendendo ao âmbito relativamente alargado do *BioStories* e aos domínios diversos que foram estudados e desenvolvidos, este trabalho, em específico, permite a identificação de variadas perspectivas de desenvolvimento.

É precisamente sobre esta temática que o presente capítulo pretende debruçar-se, procedendo à discriminação e detalhe das oportunidades de trabalho futuro tendo em consideração as áreas distintas onde podem ser classificadas. No entanto, importa referir, que, tal como o *BioStories*, estas podem e devem ser conjugadas de forma a que o seu impacto seja potenciado.

Neste contexto, e seguindo o princípio exposto, realiza-se, de seguida a descrição das linhas de investigação referentes aos domínios da classificação emocional; conteúdos multimédia, atendendo à sua estruturação e distribuição; soluções de equipamento; e potencial valorização económica da tecnologia.

7.1 Classificação Emocional

O estudo efectuado que culminou na concretização de diversos protótipos do *BioStories* permitiu a implementação contínua do modelo emocional adoptado bem como experimentou diversos canais biométricos como fonte para a metodologia de fusão sensorial proposta como motor de classificação de estados emocionais em tempo-real. É com naturalidade que neste domínio sejam passíveis de serem identificadas inúmeras linhas de investigação futuras cada qual com múltiplas possibilidades de abordagem. Como último ponto introdutório, importa referir que as propostas subsequentes terão uma necessária intersecção, ou pelo menos usufruirão, da concretização dos projectos descritos ao longo das restantes secções do presente capítulo.

Neste contexto, a primeira linha de investigação prende-se com a potencial exploração da potenciação e expansão do modelo emocional adoptado. Tal como analisado ao longo da secção dedicada à identificação de trabalhos relacionados, não só existem modelos alternativos como é apresentado uma natural expansão da versão bidimensional para uma representação espacial com a introdução do terceiro eixo dedicado à variável *dominance*. Pese embora tenha já sido justificada a opção tomada quanto a este ponto, continua-se a considerar pertinente a complexificação do modelo, de forma a tornar a definição de estado emocional através de uma granularidade mais fina. Numa vertente complementar, identifica-se ainda como potencial linha de investigação, decerto sob um prisma distinto da engenharia informática, a definição de base de uma nova proposta de modelo de estados emocionais, idealmente mantendo o princípio da continuidade da sua distribuição, fornecendo, contudo, uma clara divisão do espaço de acordo com as emoções. Por outras palavras, considera-se como uma valiosa contribuição a definição pelas ciências sociais, eventualmente adjuvada pela recolha de dados clínicos, de um modelo inequívoco computável – à semelhança do modelo de Russell – em que se fizesse uma clara proposta de alocação de estados emocionais a determinadas regiões do plano ou espaço ou hiperespaço. Esta introdução seria de extrema utilidade de forma a libertar os sistemas desenvolvidos deste tipo de inferências, permitindo a

sua focalização no mapeamento entre os dados de entrada e os parâmetros das variáveis do modelo adoptado. Desta forma, a adopção do modelo emocional traria acoplada a totalidade da problemática relacionada com a definição emocional na sua vertente contínua mas também discreta.

Esta linha de investigação identificada catapulta a análise das perspectivas de desenvolvimento para a problemática dos dados de entrada para o procedimento de classificação emocional. Neste domínio, pese embora os esforços desenvolvidos ao longo do trabalho para a identificação dos canais biométricos apropriados para os objectivos propostos, as restrições ao nível orçamental bem como de recursos humanos, inerentes ao um trabalho de Doutoramento, impediram, não só a aquisição das soluções de *hardware* mais arrojadas e completas como preveniram a experimentação extensiva de fontes alternativas. Nesta medida, identifica-se como uma importante linha de investigação futura a pesquisa comparativa de metodologias alternativas ou complementares de aquisição de dados que permitam uma mais eficaz e completa metodologia de classificação emocional que permita resultados ainda mais precisos, idealmente, mantendo os requisitos de tempo-real e aumentando o leque de contextos onde a sua aquisição é praticável. Necessariamente que este estudo veria as suas hipóteses de sucesso quanto à conjugação dos diferentes objectivos extremamente potenciado a partir da realização dos avanços idealizados na secção 7.3, ao nível das soluções de equipamentos.

De forma autónoma, porém, ainda que aparentemente paradoxal, complementar, o trabalho desenvolvido especificamente ao nível do processo de classificação emocional, nomeadamente no que se refere à proposta de fusão sensorial abre portas a uma área muito densa de investigação futura. A actual proposta deve ser encarada exactamente como tal, com o objectivo, justamente alcançado, de fornecer uma metodologia que vise o comprovar da hipótese em análise. Não obstante esta aproximação no âmbito do projecto de Doutoramento, considera-se que este domínio deve ser amplamente explorado, não só quanto à metodologia de classificação emocional do ponto de vista dos canais de entrada mas também relativamente aos mecanismos de classificação em si. Deverão ser experimentados diversos processos alternativos numa abordagem comparativa para que seja possível um aprimoramento do método visando a potenciação da precisão do processo de classificação. Claro está que estes esforços deverão ser conjugados, com as restantes linhas de investigação com o intuito das sinergias criadas serem benéficas para os distintos projectos.

No domínio específico da metodologia de classificação emocional, um ponto que seria extremamente útil promover o seu estudo é o da actual necessidade de *self-assessment* inicial de forma a promover uma eficaz calibração do sistema. Este requisito que preside à metodologia actual é considerado como uma limitação à aplicação da tecnologia, no seu actual estado de protótipo, a diversos domínios, o que castra a sua utilidade. Deste modo, justifica-se a necessidade de investigar mecanismos transparentes de pesquisa de linha de base emocional sem comprometer a celeridade e acuidade do processo. Uma segunda linha, intimamente ligada à descrita, prende-se com o processo de validação de resultados. A proposta do presente trabalho baseou-se igualmente no *self-assessment* por parte dos participantes das sessões experimentais tendo em vista a confirmação da validade do processo de classificação. Muito embora se tenha feito a confirmação dos dados mantendo uma comparação entre as leituras biométricas e as respostas recolhidas, considera-se útil a eliminação desta forma de actuação. Tal como em pontos anteriores, também neste, a participação das ciências sociais bem como da neurologia será determinante para atingir estes

fins, uma vez que estes são domínios já longínquos da área da engenharia informática ou da ciência da computação, pese embora esta possa ser não instrumental como beneficiária neste processo.

Por último, e tal como será apanágio ao longo deste capítulo, as oportunidades de trabalho futuro são múltiplas e variadas, sendo que o principal desafio será, uma vez mais, a sua conjugação sem a realização de compromissos ou perdas. Esta posição não só é válida para o contexto da classificação emocional, como para os demais domínios devendo ser a sua interacção potenciada com os mesmos princípios.

7.2 Conteúdos Multimédia – Estrutura e Distribuição

O trabalho desenvolvido permite, igualmente, a identificação de diversas linhas de investigação no domínio dos conteúdos multimédia, especialmente no se concerne à sua componente estrutural, bem como a problemática da sua eficiente e eficaz distribuição em diversos contextos. Tendo presente que o móbil central do corrente trabalho não consiste nesta temática em especial, considerando-a, aliás como instrumental nos seus intentos, é com alguma naturalidade que os resultados alcançados permitam vislumbrar diversas oportunidades de trabalho futuro nesta área. Deste modo, o corrente ponto encontra-se dividido em duas perspectivas distintas, porém complementares, aliás como a sua estrutura permite compreender.

Do ponto de vista da estruturação dos conteúdos multimédia, importa clarificar que o que se pretende alcançar neste ponto é a possibilidade de enriquecimento dos referidos conteúdos através da incorporação de linhas de histórias dinâmicas. Os desafios levantados nesta área são vastos e, tal como descrito aquando da identificação de trabalhos relacionados, estes encontram-se intimamente ligados à tipologia dos mesmos. Por outras palavras, o facto de os conteúdos serem discretos ou contínuos concretiza as opções possíveis de realizar. Não obstante este importante factor, o actual trabalho concretizou a prototipificação da incorporação de dinamismo nas linhas de história, de forma totalmente coerente, em ambos os casos. Porém esta actividade foi apenas aprofundada na justa medida de permitir alcançar níveis mínimos de credibilidade e imersividade das sessões experimentais conduzidas, pelo que não foram alvo de completa investigação.

Deste modo, são identificados múltiplos desafios nesta área, sendo que os mais prementes e aliciantes se centram na possibilidade e necessidade da formalização de um completo e eficiente protocolo de estruturação de *storylines* que extravase a estaticidade dos tradicionais mapeamentos em árvore. Considera-se importante a definição de esquema de metadados emocionais sobre os conteúdos bem como a incorporação de variáveis de decisão externas que condicionem o desenrolar da apresentação dos conteúdos. De forma complementar, a eventual regressão ou distorção da linha temporal associada ao *storytelling* é igualmente um módulo a analisar conjuntamente com os anteriores de forma a potenciar o seu dinamismo. Não obstante as potencialidades enunciadas, crê-se, como vital a existência de uma massiva preocupação relativamente à manutenção de níveis mínimos de coerência e densidade da história, de forma a que as novas incorporações de dinamismo não comprometam o sucesso da essência do *storytelling*.

Muito embora a problemática seja semelhante entre conteúdos discretos ou contínuos, a liberdade – criativa e orçamental – nestes últimos é exponencialmente maior, o que conduz a uma maior diversidade de possibilidades, mas simultaneamente maior risco de perda de

coerência. Deste facto resulta a enunciação de uma última linha de trabalho futuro que se sugere consistir na definição de uma métrica objectiva da coerência de uma determinada linha de história, ainda que não de forma totalmente absoluta mas que seja possível a comparação de verosimilhança entre as opções possíveis, de forma a condicionar eventuais divergências na história para caminhos que não comprometam o seu sucesso junto do espectador.

Na outra vertente analisada, concretamente ao nível da problemática da distribuição e visualização de conteúdos multimédia, os passos tomados ao longo do trabalho, permitiram concluir que deve ser dada atenção especial a este campo como um vital mecanismo de aproveitamento eficaz e potenciamento das respostas emocionais aos conteúdos apresentados. Neste domínio, ressaltam as questões relacionadas com as opções de distribuição massiva ou individual bem como quais as soluções de *hardware* propícias à sua apresentação.

Como linhas de investigação futuras, importa referir a importância que deve ser dada à possibilidade de, em diversos contextos que actualmente são encarados como meios de distribuição homogénea, tais como a televisão e o cinema, nos quais todos os elementos da audiência *assistem* aos mesmos conteúdos, o paradigma de distribuição ser alterado de forma a permitir a cada elemento individual da audiência aceder a conteúdos específicos, independentemente dos restantes espectadores. Esta filosofia pode e deve ser transposta para outros contextos tais como painéis publicitários, acções de *marketing*, interfaces gráficas ou entretenimento virtual. Neste domínio, os principais desafios definem-se pela necessidade da definição de protocolos eficientes de aquisição e distribuição de dados em tempo-real – numa escala muito superior àquela alvo de implementação ao longo dos protótipos do *BioStories* – bem como do desenvolvimento de equipamentos de visualização que permitam a sua utilização individual sem prejuízo dos actuais níveis de qualidade de imagem e som.

Este último ponto faz a ponte para a segunda parte da problemática, identificada como os desafios relacionados com a visualização de conteúdos multimédia. Sob este prisma importa referir que o termo *visualização* é passível e deverá no futuro ser revisto para *percepção* na justa medida que se considera não só viável como será o próximo passo lógico, estender os actuais mecanismos de apresentação, unicamente baseados em conteúdos audiovisuais – com complexidade e imersividade crescentes tais como as imagens tridimensionais e o áudio multicanal vieram demonstrar – para contemplarem os restantes *sentidos* humanos, nomeadamente o tacto e olfacto. Crê-se que futuras linhas de investigação deverão ter em linha de consideração, o estudo, desenvolvimento ou integração de tecnologia capaz de generalizar a apresentação de conteúdos igualmente a estes domínios de forma verosímil e não só como uma interessante demonstração técnica.

Atendendo aos múltiplos desafios enunciados, entende-se que o principal reside ainda no correcto equilíbrio na conjugação das diferentes hipotéticas evoluções, quer ao nível da estrutura, quer ao nível da distribuição e apresentação dos conteúdos multimédia, de forma a criar um conjunto uno que esteja sempre ao serviço do *storytelling* e com isso potenciar a resposta emocional do espectador sem que este se afaste da linha condutora da história, inebriado pelo aparato tecnológico.

7.3 Perspectivas de Evolução de *Hardware*

Esta secção, concentrado na identificação de linhas de estudo subsequente intimamente relacionadas com soluções ao nível de equipamento, encontra-se relacionado, devendo ser interpretado como uma componente instrumental que possibilite a concretização dos desafios

identificados nos dois pontos anteriores e potencie a aplicação e aceitação prática dos sistemas, tal como descrito na secção seguinte.

Desta forma, como temática primária, importa salientar as evoluções desejadas e antevistas ao nível do equipamento relacionado com a classificação emocional. Neste domínio, os principais desafios posicionam-se em áreas complementares tendo como objectivo a melhoria da qualidade dos sinais biométricos recolhidos, aumento de imersividade da experiência através da menor intrusividade dos equipamentos e incremento da diversidade de canais monitorizados bem como das situações práticas passíveis da sua utilização. O apresentado cenário multivariável é de descrição simples, no entanto a sua concretização prática é indiscutivelmente mais complexa, mormente sem a realização de quaisquer compromissos.

Por outras palavras, as perspectivas de evolução de equipamentos relacionados com a classificação automática de estados emocionais conduzem-nos, inexoravelmente à sua miniaturização com escalas de integração que permitam a sua incorporação em objectos quotidianos, tipicamente, peças de vestuário; acessórios extremamente massificados tais como relógios de pulso, óculos ou telemóveis; e ainda os bens de consumo mais insuspeitos presentes em diversas situações domésticas e profissionais tais como são disso exemplo, televisões, jornais, portas ou espelhos, explorando a possibilidade de desenvolvimento de transístores nas mais variadas superfícies e texturas.

O desafio paralelo consiste não só da manutenção dos actuais níveis qualidade e fiabilidade dos canais monitorizados mas sim na sua potenciação mesmo nas circunstâncias descritas de forma a minimizar os níveis de intrusividade das soluções actuais. A evolução dos equipamentos deverá ser a de privilegiar a virtual ausência de contacto com o sujeito e nas situações em que tal seja mandatório, que o acto da colocação do equipamento seja o mais natural e imperceptível possível – tal como seria nos casos descritos de peças ou acessórios de vestuário. De forma análoga, o caminho a seguir deverá ser o da natural integração da tecnologia nos actos quotidianos de forma indistinta, pelo que as interfaces de funcionamento dos sistemas deverão, igualmente, sofrer um natural desenvolvimento no sentido da sua integração com outros dispositivos.

A conjugação dos dois pontos anteriores permitirá a aplicação das técnicas propostas ao longo do presente trabalho, de forma necessariamente adaptada e revista à luz das eventuais novas evoluções, em áreas muito mais vastas e diversas das referidas, uma vez que a aceitação da existência deste tipo de equipamento será muito superior bem como os ambientes práticos em que será possível a sua utilização serão amplamente diversificados. Assim será possível a monitorização em tempo real de um número superior de canais biométricos, permitindo, deste modo, não só uma mais precisa metodologia de classificação emocional, como igualmente, um aumento considerável da sua robustez e flexibilidade.

Em suma, a questão não é se estas evoluções vão acontecer mas sim *quando* este cenário terá lugar, bem como porventura, mais importante é a definição de qual será o contexto sócio-económico em que vai ter lugar, uma vez que as suas aplicações vão muito além das benévolas identificadas no ponto seguinte, podendo ser utilizadas em favor de uma monitorização e mesmo controlo emocional efectivo com perversos efeitos. No entanto, esta dualidade não advém especificamente do ramo científico em causa, devendo ser preocupação transversal.

7.4 Potencial Valorização Económica e Factores Crítico de Sucesso

Pese embora o imperativo teor e foco científico de um projecto desta natureza, tal como descrito aquando da contextualização do trabalho, sempre se manteve a crença das suas potencialidades de aplicação prática quotidiana, potenciando a sua divulgação de índole comercial.

De igual forma, sabe-se, *ad initium*, que os desafios erguidos pela investigação científica são bem distintos dos relacionados com a comercialização de um produto. No entanto o carácter integrador e de iminentemente de engenharia que o trabalho desde cedo assumiu, impele a análise da sua aplicação prática, tendo-se procedido à reserva desse espaço para este ponto de identificação de perspectivas de desenvolvimento.

Deste modo, considera-se a existência de diversas linhas de actuação que deveriam ser percorridas com o intuito de transformar o protótipo desenvolvido e abordagem sugerida numa proposta real de produto. É evidente que estes esforços encontram-se intimamente associados ao mercado alvo a definir bem como à tipologia do produto seleccionada. Com esta restrição do problema em mente, serão efectuadas, ao longo dos parágrafos seguintes, diversas conjecturas, cada qual com diferentes desafios, de forma a permitir a cobertura de um leque alargado de potenciais aplicações quotidianas.

Lançado o repto, identificam-se cinco áreas de aplicação como pedras basilares de domínios interessantes para a adaptação do trabalho desenvolvido, podendo, facilmente, encontrar-se outras encerrando graus de adequabilidade semelhantes. Não obstante a sua descrição pormenorizada subsequente, enunciam-se, de seguida, e sumariamente se detalham as áreas sugeridas:

- Jogos de Vídeo e Entretenimento Digital: trata-se da aplicação prática mais imediata, com menor esforço e porventura de maior retorno e taxa de penetração. A adaptação da tecnologia de detecção emocional em tempo-real, associada à capacidade intrínseca da área na geração de conteúdos multimédia ricos de forma inteiramente dinâmica e contínua, resultado da virtualidade total dos cenários, assenta, com uma luva, aos propósitos do trabalho desenvolvido. Por outro lado, é acentuada a adequabilidade do domínio uma vez que os seus utilizadores, por norma, oferecem reduzida resistência a novas propostas tecnológicas. Por fim, muito embora os ambientes multijogador sejam um sucesso inderrubável, estes baseiam-se em plataformas *online* pelo que o sistema poderia ser desenhado para contemplar um utilizador com um canal de distribuição.
- Indústria Cinematográfica: pretende-se, neste domínio, explorar as potencialidades da construção de linhas de história em árvore, permitindo a existência de caminhos narrativos alternativos e não definidos *a priori*, sendo estes seleccionados pelo utilizador de acordo com o seu estado emocional no momento. Ao invés da área anterior, os desafios são mais vastos, amplos e diversos, sendo necessário ultrapassar as barreiras de ordem financeira devido ao aumento do custo das filmagens das cenas adicionais bem como as de índole técnica como os mecanismos de aquisição de sinais biométricos e distribuição de conteúdos multimédia em ambientes partilhados, como uma sala de cinema ou de espectáculos.
- Televisão Digital: esta potencial aplicação situa-se num ponto intermédio entre as áreas previamente enunciadas. Neste caso, as aplicações dos estados emocionais podem ser muito mais vastas, sendo sugeridas utilizações ao nível da eficiência da publicidade, nível de atenção do telespectador, de uma perspectiva mais

unidireccional, sendo que os conteúdos televisivos, programáticos ou publicitários poderiam, igualmente, no seguimento das abordagens já referidas, serem dinamicamente definidos de acordo com o estado emocional detectado. Neste ponto, os desafios técnicos são semelhantes aos da indústria cinematográfica mas a uma escala muito mais reduzida e num ambiente mais controlado, diminuindo, deste modo o seu grau de dificuldade.

- *Marketing* Dirigido: este domínio consiste na extensão natural à referência efectuada no ponto anterior respeitante aos anúncios publicitários em ambiente de televisão digital. No entanto, para além deste exemplo de *marketing* dirigido, importa mencionar que a tecnologia proposta de apresentação de conteúdos multimédia dinâmicos de forma adaptada aos estados emocionais dos utilizadores encaixa na perfeição do conceito de *marketing* que é por excelência a técnica de *manipulação* de emoções. Deste modo, é possível a aplicação deste tipo de aproximação a ambientes mais ambiciosos como painéis publicitários dinâmicos em diversas situações tais como montras de espaços comerciais, *outdoors* ou espaços informativos em *chão de loja*. As maiores barreiras nestes casos prendem-se com a *abertura* do espaço e do contexto, sendo necessário engenhar soluções tecnológicas alternativas às apresentadas de aquisição de sinais biométricos.
- Aplicações Médicas: o conhecimento do estado emocional de um paciente pode, em inúmeras circunstâncias revelar-se de extrema importância para um clínico. Este tipo de informação assume uma especial relevância em tratamentos psiquiátricos, estudo de efeitos secundários de fármacos e, naturalmente, no tratamento de fobias. Muito embora, nesta área, a questão do controlo ambiental e completa e correcta definição do contexto de aquisição de sinais biométricos seja um dado adquirido e facilmente atingível, a grande barreira à sua aplicação reside, essencialmente ao nível da garantia de elevadíssimos níveis de precisão do resultado da classificação emocional, de forma a que esta possa ser considerada válida para efeitos clínicos. Tendo este aspecto em consideração, os desafios neste ramo prendem-se com o refinamento do método e motor de classificação emocional de modo a dotar o processo de um grau de fiabilidade alto o suficiente para o seu reconhecimento médico.

Realizada a enumeração das possibilidades de aplicação prática da tecnologia, a par de uma breve descrição do seu propósito e desafios particulares, importa, de seguida, efectuar uma análise detalhada aos pormenores de cada caso, de forma a definir claramente os esforços de investigação e desenvolvimento necessários para a sua aplicação prática.

Relativamente ao domínio dos jogos de vídeo e entretenimento digital, a definição do domínio pode ser efectuada como os estados emocionais dos jogadores serem considerados um dado de entrada adicional para o sistema computacional, podendo ou não ser considerado um elemento de controlo da interacção. Qualquer que seja a hipótese escolhida, este factor deve ser considerado para a adaptação dos cenários e ambiente virtual às emoções experimentadas, de forma a tornar a experiência mais apetecível e credível. Neste domínio verifica-se a vantagem de a análise ser efectuada apenas a um indivíduo num ambiente semi-controlado – normalmente a sala de jogo é uma divisão da habitação – estando o público-alvo, tendencialmente, aberto à adopção de novos equipamentos electrónicos. No mesmo plano, a distribuição dos conteúdos multimédia é igualmente efectuada apenas num plano, para um indivíduo – ou audiência reduzida equivalente – pelo que o mecanismo de apresentação não

carece de alteração, podendo ser potenciado por visores imersivos tridimensionais ou outras aproximações, sendo todas elas complementares mas independentes do sistema proposto.

O grande desafio consiste no desenvolvimento de soluções de *hardware* relativas aos equipamentos de aquisição de sinais biométricos que sejam minimamente invasivos, fáceis de colocar e usar, não interfiram com a jogabilidade e interacção do sistema de entretenimento, revestindo-se ainda de uma *roupagem* de artigo de consumo electrónico. Por outras palavras, o sistema de aquisição e transmissão de sinais biométricos deveria revestir-se de uma forma semelhante a um acessório de jogo a um custo acessível, mantendo os níveis de fiabilidade atingidos pelo protótipo apresentado, uma vez que o sistema de processamento e classificação poderia perfeitamente ficar a cargo da unidade de responsável pela gestão do sistema de entretenimento em causa.

No que se refere às potenciais aplicações à indústria cinematográfica, o princípio básico é o da possibilidade de determinação em tempo real e de uma forma completamente subconsciente, apenas baseada na resposta emocional, influenciar pontos específicos da linha de história do conteúdo alvo de apresentação. De uma forma muito simplista, é possível descrever a abordagem como a abertura da possibilidade de escolha das acções das personagens sem a necessidade, nem tão pouco interesse, da existência de mecanismos físicos de interacção voluntária. Deste modo, seria possível que o mesmo filme fosse visionado de várias formas diferentes, inclusivamente com finais alternativos pelo mesmo indivíduo, aumentando a *largura* e *profundidade* da força de venda do produto cinematográfico pois assim não se esgotaria na sala de cinema nem na apresentação, muitas vezes de forma descontextualizada de cenas extra em posteriores edições para o circuito doméstico como são as edições DVD ou *Blu-ray*.

Claro está que o primeiro desafio é de ordem exclusivamente financeira e que se prende com a necessidade de rodagem de um conjunto de cenas complementares de forma a possibilitar a existência de *caminhos* alternativos na árvore de história. Este aumento do volume de custos de produção crê-se que seriam amplamente colmatados pelo correspondente incremento do lado das receitas fruto do não esgotamento da película ao final do primeiro visionamento.

Do ponto de vista técnico, e aqui sim voltando ao âmbito da identificação de linhas de investigação prováveis, erguem-se importantes opções e obstáculos à sua implementação prática, especificamente pela dimensão do espaço físico bem como da multiplicidade de elementos da audiência. A este nível importa diferenciar os desafios relativos à aquisição dos dados biométricos e os correspondentes à determinação e distribuição dos conteúdos multimédia a apresentar.

Quanto ao primeiro ponto, importa proceder ao desenvolvimento e adaptação de soluções de equipamento em tudo semelhantes às discriminadas no ponto anterior, sendo que estas não deverão interferir minimamente com movimentos corporais e campo de visão do espectador. Deverão ser equipamentos de uso e instalação de extrema facilidade e robustez uma vez que serão expostos a repetidas utilizações por indivíduos possivelmente sem a formação ou entendimento quanto ao seu funcionamento. Face ao exposto, considera-se útil a incorporação de abordagens alternativas que não impliquem a utilização directa com equipamentos de forma explícita, tais como são exemplos a aplicação de sensores nas cadeiras, de forma a estudar a *linguagem corporal* e pontos de tensão, câmaras de vídeo com infravermelhos com o objectivo de complementar a informação dos movimentos corporais aliado ao acesso à informação relativa às variações de temperatura corporal.

Quanto ao segundo ponto, a problemática da distribuição dos conteúdos inicia-se com a opção entre a diferenciação ou não destes por cada utilizador; por outras palavras, todos os espectadores veriam a *mesma* versão do filme ou cada um teria acesso à *sua* versão. No primeiro caso, a estratégia de distribuição seria a mesma que nos nossos dias através da tela comum, procedendo-se à determinação do caminho da história de acordo com a média – ou qualquer outra medida estatística – do estado emocional da audiência. A versão individualizada pressupõe a existência de um dispositivo de visualização por espectador sem perda significativa de impacto de qualidade de imagem e som. Esta opção é claramente mais complexa de implementação prática uma vez que conduz a uma reformulação do conceito de cinema tal como o hoje é entendido. Para além deste pressuposto, levantam-se desafios técnicos relacionados com a largura de banda e canais de comunicação fiáveis para a distribuição dos conteúdos multimédia por espectador sem atrasos nem perda de qualidade vídeo e áudio. A abordagem poderá ser replicada para as versões de consumo doméstico, sendo que neste caso a maioria das alterações terá necessárias intersecções com o domínio da televisão digital, caracterizado de seguida.

Relativamente à área da televisão digital, esta surge como um prolongamento natural da abordagem à indústria cinematográfica, sendo que engloba elementos do primeiro domínio. O advento da digitalização da televisão, permitindo a bidireccionalidade da comunicação, tem sido, até à data relativamente pouco explorado, centrando os esforços em mecanismos básicos de interacção de envolvimento reduzida. No entanto, através da aplicação da tecnologia proposta, estes níveis seriam alvo de extrema potenciação em diversas áreas de relevo. A aplicação imediata deveria residir na transposição da adaptação referida para o cinema, sendo que neste caso a sala de projecção seria substituída pela sala de estar, tratando-se de um ambiente muito mais controlado sendo que os utilizadores finais seriam, previsivelmente, os mesmos ao longo do tempo, possibilitando o desenho de soluções de equipamento com um pouco mais de liberdade, à imagem da primeira referência. As opções quanto à distribuição são em tudo semelhantes à problemática da indústria cinematográfica, sendo que neste caso o grau de personalização do sistema de decisão poderia ser alvo de uma maior atenção.

No entanto, a grande estrutura diferenciadora residiria na potenciação da interacção que a proposta tecnológica catalisaria, nomeadamente ao nível das possibilidades de dinamismo dos conteúdos multimédia pré-gravados, mas acima de tudo, da adaptação em tempo real das linhas programáticas de conteúdos em directo de acordo com o estado emocional da audiência. Este *feedback* emocional *online* seria de utilidade extrema a diversos níveis, nomeadamente atendendo a questões publicitárias; linhas editoriais; e impacto político de declarações e notícias dos agentes da sociedade. Acredita-se que o impacto prático da aplicação deste tipo de tecnologia daria origem a algo semelhante a uma *TV 2.0* à imagem do salto de gigante proporcionado pela denominada *Web 2.0*.

Relativamente às potenciais aplicações no domínio do *marketing* dirigido, estas começam, precisamente, aquando da adaptação para a televisão digital. Assim que os *marketeers* tiverem acesso à informação dos estados emocionais desencadeados aquando do visionamento do seus anúncios – ou, em alternativa, qual o estado emocional do público-alvo de forma anterior ao visionamento dos conteúdos – estes poderão ser alvo de um redesenho realizado à medida do perfil emocional detectado. Ora como os anúncios apelam, quase em exclusivo, a componentes de índole emocional, o potencial aumento da sua eficácia com uma ferramenta deste género seria um factor extremamente apetecível.

A complementar esta análise, importa salientar que a sua aplicação poderia ser efectuada em qualquer um dos cenários já descritos, com as abordagens e adaptações igualmente referidas, podendo, no entanto ser ainda potenciado através da sua aplicação em ambientes dinâmicos alternativos como painéis publicitários *outdoor* ou soluções de publicidade em ambientes fechados – tais como espaços comerciais. Nestes cenários alternativos não seria possível a recolha de dados biométricos através de equipamentos directamente ligados ao consumidor, tendo de se proceder à exploração de soluções alternativas não invasivas baseadas em monitorização vídeo e infravermelhos à semelhança dos processos ilustrados aquando da aplicação à indústria cinematográfica. No entanto, e em resumo, importa salientar que esta área poderá e deverá ser encarada, quer *per si*, quer englobada nos restantes domínios, aliás como presentemente é efectuado.

Pese embora, até ao momento, todas as referências de potenciais aplicações comerciais da tecnologia proposta tenham sido remetidas para o domínio do entretenimento ou exploração da força vendedora, acredita-se, de igual forma, que o trabalho desenvolvido poderá revestir-se de utilidade vital na área da medicina, nomeadamente, e de forma não exclusiva, ao nível do tratamento psiquiátrico e de fobias. O conhecimento, por parte do clínico, do estado emocional do paciente constitui-se, em todas as perspectivas, uma mais-valia para o sucesso da terapêutica, sendo particularmente importante, quando o domínio de actuação se trata do foro psiquiátrico – como são exemplo as fobias e depressões.

Os desafios lançados nesta área, por um lado são simplificados na vertente da recolha dos dados biométricos, uma vez que a questão do controlo do ambiente e contexto bem como do grau de percepção de monitorização por parte do paciente são questões bem definidas e cuja necessidade de eliminação ou redução não se colocam. A acrescentar a este facto, potencialmente não existe a necessidade do fecho completo do fluxo de informação ao nível da apresentação dinâmica de conteúdos multimédia. No entanto, o grande obstáculo prende-se com a imperiosa necessidade da potenciação do nível de eficiência e precisão do mecanismo de classificação emocional, pois os actuais níveis de sucesso, pese embora adequados para aplicações de entretenimento, carecem da fiabilidade para aplicações médicas. Daí que os principais esforços de melhoramento, neste domínio particular, se centrem no desenvolvimento e aperfeiçoamento do motor de classificação emocional.

De forma a resumir o presente capítulo, importa ressaltar a quantidade e diversidade de linhas de investigação e perspectivas de desenvolvimento que o trabalho original permitiu identificar. Tal deveu-se, certamente, ao largo espectro do mesmo, bem como a perspectiva integradora que foi, desde cedo, assumida. No entanto, acredita-se que cada uma das possibilidades de continuação do trabalho constitui, *per si*, uma oportunidade de condução de linhas de investigação completas e de interesse. Não obstante, reafirma-se que todas elas deverão ser alvo, em determinado tempo, de uma análise atenta e conjugada de forma a potenciar os avanços de cada uma. Deste exercício resulta, em última análise, a identificação de várias possibilidades de continuidade do trabalho, não descurando a visão de aplicabilidade prática considerando as vastas e diversas hipóteses de valorização económica da tecnologia proposta, cada qual com o seu desígnio e desafios próprios.

8 Conclusões Sumárias

Neste capítulo é realizada a síntese global do trabalho desenvolvido, sumariando todas as suas abordagens, resultados, conclusões e contribuições num exercício extremo de condensação.

Tendo presente o princípio basilar deste ponto, importa começar por referir que a principal motivação do trabalho foi amplamente alcançada, nomeadamente ao nível da exploração experimental de uma temática que começara a despontar a nível académico, em especial no ramo da computação e engenharia informática. Deste ponto de vista, o *flavour* de pioneirismo constitui, sem dúvida, um importante marco de todo o projecto.

Indo directamente ao âmago dos objectivos do trabalho, os resultados apresentados e a consequente análise crítica apontam para a confirmação da hipótese enunciada inicialmente que se pode traduzir pela possibilidade de, a partir da leitura de dados biométricos realizar a determinação do estado emocional do utilizador e fazer uso dessa informação para a produção dinâmica de conteúdos multimédia adaptados do ponto de vista emocional. Esta constatação verifica-se ainda que os resultados experimentais alcançados apenas permitam a sua confirmação nos contextos definidos, isto é, em ambientes laboratoriais relativamente controlados para efeitos de entretenimento, sendo que a aplicação da tecnologia a outras áreas carece dos cuidados e desenvolvimentos previamente identificados.

Deste modo, a metodologia proposta encerra em si contribuições significativas, nomeadamente ao nível da adopção e consequente adaptação de um modelo emocional inteiramente computável bem como uma aproximação eficaz de fusão sensorial dos canais biométricos alvos de monitorização, potenciando a flexibilidade ao nível da definição do seu conjunto. Ainda neste ponto, é importante a referência aos esforços desenvolvidos relativamente à produção de conteúdos multimédia dinâmicos bem como ao escalamento dos níveis de imersividade fruto do melhoramento do método de distribuição e apresentação dos mesmos.

No entanto, método seguido para a confirmação da hipótese genérica potenciou, igualmente, o desenvolvimento de contribuições colaterais de importância relevante. Dentro deste conjunto são de referir o desenho e implementação de uma *framework* de base ao desenvolvimento dos diversos protótipos *BioStories*, a condução de diversas actividades experimentais, bem como o aparecimento de projectos de *spin-off*, deixando antever a sua utilização em linhas de investigação diversas e divergentes. É, precisamente, neste último ponto que se enquadra o projecto intitulado *controlo de rato por electromiografia* que surgiu de um erro relativo ao protocolo experimental e culminou na definição de um sistema de interacção inovador com pedido de patente nacional.

Assumindo um ponto de vista mais académico, identificam-se dois pontos cuja relevância pressupõe uma referência e dizem respeito aos esforços desenvolvidos ao nível da elaboração de uma síntese crítica referente ao estado da arte da temática abordada, com especial ênfase na sua estruturação, simultaneamente, compartimentada e modular bem como a preocupação manifestada na identificação de contribuições unificadores dos domínios em estudo. O outro ponto centra-se na preocupação manifestada, desde a fase inicial do projecto, ao nível da divulgação científica ao longo das diferentes etapas do trabalho, com especial atenção para a publicação e participação em conferências internacionais com indexação, tendo-se realizado, igualmente, redacções de capítulos de livros bem como um artigo em revista internacional.

Uma das decisões mais complexas num trabalho deste âmbito consiste na definição do momento em que se o considera satisfatório ao nível da sua completude. Tendo esta reflexão em atenção, é imperativo proceder à identificação das linhas de acção futura onde o trabalho deverá ser objecto de continuação. Neste contexto, importa salientar a constante necessidade de otimizar e alargar, quer os canais biométricos a monitorar bem como as soluções ao nível do equipamento que melhor satisfazem as necessidades de qualidade de aquisição do sinal sempre com um relevante compromisso atendendo ao grau de intrusividade das opções e manutenção de sensação de imersividade da experiência. Precisamente neste último domínio, existem múltiplas linhas de investigação a trilhar, nomeadamente o aprofundamento e complexificação das *linhas de história*, especialmente ao nível de conteúdos multimédia discretos, bem como continuar a potenciação do grau de realismo através da adopção de novos mecanismos de distribuição e apresentação dos conteúdos. A outro nível, mas igualmente como linha de trabalho futuro, seria extremamente interessante, a exploração da possibilidade da aplicabilidade prática da tecnologia desenvolvida, entendida como possível em diversos domínios, sendo de salientar a indústria cinematográfica, videojogos, entretenimento virtual, domótica ou ainda tratamentos médicos e psiquiátricos. Necessariamente que cada uma das áreas referidas têm as suas características próprias e, consequentemente, desafios técnicos e comerciais únicos.

Por fim, e em suma, este documento é, concomitantemente, o registo e o culminar de um percurso que teve tanto de árduo como de gratificante, sendo interpretado pelo autor como uma oportunidade, talvez única, da associação de liberdade e criatividade intelectual num ambiente de investigação de uma temática contextualmente pioneira.

Referências e Bibliografia

- [1] Daniel Goleman, *Destructive Emotions: A Scientific Dialogue with the Dalai Lama*, Bantam Dell, ISBN 0-553-38105-9, 2003.
- [2] Richard Lazarus, Bernice Lazarus, *Passion and Reason: Making Sense of Our Emotions*, Oxford University Press, ISBN 0-19-510461-7, 1994.
- [3] Paul Ekman, *Emotions Revealed: Recognizing Faces and Feelings to Improve Communication and Emotional Life*, Henry Holt and Company LLC, ISBN 0-8050-7516-X, 2003.
- [4] Andrew Ortony, Gerald Clore, Allan Collins, *The Cognitive Structure of Emotions*, Cambridge University Press, ISBN 0-521-35364-5, 1988.
- [5] António Damásio, *Descartes Error: Emotion, Reason and Human Brain*, Putnam Berkley Group, Inc., ISBN 0-399-13894-3, 1994.
- [6] Carol Stearns, Peter Stearns, *Anger: The Struggle for Emotional Control in America's History*, The University of Chicago Press, ISBN 0-226-77151-2, 1986.
- [7] Richard Sennett, *Authority*, W.W. Norton & Company, Inc, ISBN 0-393-31027-2, 1980.
- [8] Andrew Ortony, Terence Turner, *What's the basic about basic emotions?*, Psychological Review, Vol 97, Nr 3, 315-331, 1990.
- [9] Robert Plutchik, *A General Psychoevolutionary Theory of Emotion*, Emotion: Theory, research, and experience: Vol. 1, R. Plutchik & H. Kellerman Editions, 3-33, New York: Academic, 1980.
- [10] Paul Ekman, W. Friesen, P. Ellsworth, *What Emotion Categories or Dimensions can Observers Judge From Facial Behavior?*, Paul Ekman Editions, 39-55, New York: Cambridge University Press, 1982.
- [11] H. Frijda, *The Emotions*, New York: Cambridge University Press, 1986.
- [12] A. Gray, *The Whole and its Parts: Behaviour, the Brain, Cognition and Emotion*, Bulletin of the British Psychological Society, Nr 38, 99-112, 1985.
- [13] E. Izard, *Human Emotions*, New York: Plenum Press, 1977.
- [14] W. James, *What is an emotion?*, Mind, Nr 9, 188-205, 1884.
- [15] W. McDougall, *An Introduction to Social Psychology*, Boston: Luce, 1926.
- [16] H. Mowrer, *Learning Theory and Behavior*, New York: Wiley, 1960.
- [17] K. Oatley, N. Johnson-Laird, *Towards a Cognitive Theory of Emotions*, Cognition & Emotion, Nr 1, 29-50, 1987.
- [18] J. Panksepp, *Toward a General Psychobiological Theory of Emotions*, The Behavioral and Brain Sciences, Nr 5, 407-467, 1982.
- [19] S. Tomkins, *Affect theory*, K. R. Scherer & P. Ekman Editions, 163-195, 1984.
- [20] J. Watson, *Behaviorism*, Chicago: University of Chicago Press, 1930.
- [21] B. Weiner, S. Graham, *An Attributional Approach to Emotional Development*, New York: Cambridge University Press, 167-191, 1984.

- [22] W. Gerrod Parrot, *Emotions in Social Psychology: Essential Readings*, Edwards Brothers, ISBN 0-86377-382-5, 2001.
- [23] James A. Russell, *A Circumplex Model of Affect*, Journal of Personality and Social Psychology Nr 39, 1161-1178, 1980.
- [24] James A. Russell, Albert Mehrabian, *Evidence for a Three-Factor Theory of Emotions*, Journal of Research in Personality, 1977.
- [25] Albert Mehrabian, *Framework for a Comprehensive Description and Measurement of Emotional States*, Genetic, Social, and General Psychology Monographs, Nr 121, 339-361, 1995.
- [26] Albert Mehrabian, *Comparison of the PAD and PANAS as Models for Describing Emotions and for Differentiating Anxiety from Depression*, Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment, Nr 19, 331-357, 1997.
- [27] Yani-de-Soriano, G.R. Foxall, *The Emotional Power of Place: The Fall and Rise of Dominance in Retail Research*, Journal of Retailing and Consumer Services, Nr 13, 403-416, 2006.
- [28] D. Watson, L. Clark, A. Tellegen, *Development and Validation of Brief Measures of Positive and Negative Affect: The PANAS Scale*, Journal of Personality and Social Psychology, Nr 54, 1063-1070, 1988.
- [29] P. McAdams, A. Constantian, *Intimacy and Affiliation Motives in Daily Living: An Experience Sampling Analysis*, Journal of Personality and Social Psychology, Nr 45, 1983.
- [30] A. Stone, L. Clark, A. Tellegen, *The Association Between Perceptions of Daily Experiences and Self- and Spouse-Rated Mood*, Journal of Research in Personality, Nr 15, 510-522, 1981.
- [31] A. Zevon, A. Tellegen, *The Structure of Mood Change: An Idiographic/Nomothetic Analysis*, Journal of Personality and Social Psychology, Nr 43, 111-122, 1982.
- [32] E. Duclos, D. Laird, et al, *Emotion-Specific Effects of Facial Expressions and Postures on Emotional Experience*, Journal of Personality and Social Psychology, Nr 57, 100-108, 1989.
- [33] H. Riskind, C. Gotay, *Physical Posture: Could It Have Regulatory or Feedback Effects on Motivation and Emotion?*, Motivation and Emotion, Nr 6, 273-298, 1982.
- [34] A. Boiten, H. Frijda, et al, *Emotions and Respiratory Patterns: Review and Critical Analysis*, International Journal of Psychophysiology, Nr 7, 103-128, 1994.
- [35] P. Philippot, G. Chapelle, et al, *Respiratory Feedback in the Generation of Emotion*, Cognition and Emotion, Nr 16, 605-627, 2002.
- [36] B. Mittelman, G. Wollf, *Affective States and Skin Temperature: Experimental Study of Subjects With "Cold Hands" and Raynaud's Syndrome*, Psychosomatic Medicine, Nr 1, 271-292, 1939.
- [37] E. Briese, *Emotional Hyperthermia and Performance in Humans*, Physiology & Behavior, Nr 58, 615-618, 1995.

- [38] A. McFarland, *Relationship of Skin Temperature Changes to the Emotions Accompanying Music*, Biofeedback and Self-Regulation, Nr 10, 225-267, 1985.
- [39] A. Anderson, *Temperature and Aggression: Ubiquitous Effects of Heat on Occurrence of Human Violence*, Psychological Bulletin, Nr 106, 74-96, 1989.
- [40] A. Anderson, B. Anderson, et al, *Examining an Affective Aggression Framework: Weapon and Temperature Effects on Aggressive Thoughts, Affect and Attitudes*, Personality and Social Psychology Bulletin, Nr 22, 336-376, 1996.
- [41] Z. Tan, A. Pentland, *Tactual Displays for Wearable Computing*, Personal Technologies, Nr 1, 225-230, 1997.
- [42] S. Brave, A. Dahley, *inTouch: A Medium for Haptic Interpersonal Communication*, CHI 97, 22-27 March, 363-364, 1997.
- [43] D. Mathew, *vSmileys: Imaging Emotions through Vibration Patterns*, Alternative Access: Feelings and Games, 2005.
- [44] F. Rovers, A. Van Essen, *HIM: A Framework for Haptic Instant Messaging*, CHI 2004, April 24-29, 1313-1316, 2004.
- [45] S. Yohanan, M. Chan, et al, *Hapticat: Exploration of Affective Touch*, ICMI'05, October 4-6, 222-229, 2005.
- [46] D. Decaria, S. Proctor, et al, *The Effect of False Heart Rate Feedback on Self-Reports of Anxiety and on Actual Heart Rate*, Behavior Research & Therapy, Nr 12, 251-253, 1974.
- [47] T. Larkin, S. Manuck, et al, *The Effect of Feedback-Assisted Reduction in Heart Rate Reactivity on Videogame Performance*, Biofeedback and self-regulation, Nr 15, 285-303, 1990.
- [48] H. Liebhart, *Effects of False Heart Rate Feedback and Task Instructions on Information Search, Attributions, and Stimulus Ratings*, Psychological Research, Nr 39, 185-202, 1990.
- [49] B. Parkinson, L. Colgan, *False Autonomic Feedback: Effects of Attention to Feedback on Ratings of Pleasant and Unpleasant Target Stimuli*, Motivation and Emotion, Nr 12, 87-98, 1988.
- [50] A. Allen, E. Armstrong, et al *The Regional Distribution of Emotional Sweating in Man*, Journal of Physiology, Nr 253, 749-759, 1973.
- [51] G. Epple, S. Herz, *Ambient Odors Associated to Failure Influence Cognitive Performance in Children*, Developmental Psychobiology, Nr 35, 103-107, 1999.
- [52] S. Herz, J. Eliassen, et al, *Neuroimaging Evidence for the Emotional Potency of Odor-Evoked Memory*, Neuropsychologia, Nr 42, 371-378, 2004.
- [53] A. Rétiveau, E. Chambers, et al, *Common and Specific Effects of Fine Fragrances on the Mood of Women*, Journal of Sensory Studies, Nr 19, 373-394, 2004.
- [54] J. Haviland-Jones, J. McGuire, *The Scents of Fear and Funny*, The Aroma-Chology Review, Nr 8, 1999.
- [55] Lang, P.J., Bradley, M.M., Cuthbert, *International Affective Picture System (IAPS): Affective Ratings of Pictures and Instruction Manual*, in Technical Report A-8. University of Florida, Gainesville, FL, 2008.

- [56] Arne Ohman, *Face the Beast, and Fear the Face: Animal and Social Fears as Prototypes for Evolutionary Analysis of Emotion*, Psychophysiology, Nr 21, 123-145, 1986.
- [57] Michael Biehl, David Matsumoto, Paul Ekman, et al, *Matsumoto and Ekman's Japanese and Caucasian Facial Expressions of Emotion (JACFEE): Reliability Data and Cross-National Differences*, Journal of Nonverbal Behavior, Nr 23, 3-21, 1997.
- [58] P. Juslin, J. Sloboda, *Music and Emotion: Theory and Research*, Oxford University Press, 2001.
- [59] Patrik Juslina, Daniel Västfjälla, *Emotional Responses to Music: The Need to Consider Underlying Mechanisms*, Behavioral and Brain Sciences, Nr 31, 559-575, 2008.
- [60] Bradley, M. M., & Lang, P. J, *International Affective Digitized Sounds (IADS): Stimuli, Instruction Manual and Affective Ratings*, in Technical Report B-2. The Center for Research in Psychophysiology, University of Florida, 1999.
- [61] Johannes Hewig, Dirk Hagemann, et al, *A Revised Film Set for the Induction of Basic Emotions*, Cognition and emotion, Nr 7, 1095-1109, 2005.
- [62] James Coan and John Allen, *The Handbook of Emotion Elicitation and Assessment*, Oxford University Press Series in Affective Science, 2005.
- [63] H. Frijda, P. Kuipers, E. ter Schure, Relations Among Emotion, Appraisal and Emotional Action Readiness, Journal of Personality and Social Psychology, Nr 57, 212-228, 1989.
- [64] R. Mauro, K. Sato, J. Tucker, The Role of Appraisal in Human Emotions: a Cross-Cultural Study, Journal of Personality and Social Psychology, Nr 62, 301-317, 1992.
- [65] E. Velten, A Laboratory Task for Induction of Mood States, Behav Res Ther, Nr 6, 473-482, 1968.
- [66] G. Stemmler, M. Heldmann, et al, Constraints for Emotion Specificity in Fear and Anger: The Context Counts, Psychophysiology, Nr 38, 275-291, 2001.
- [67] T. Johnstone, M. van Reekum, et al, Affective Speech Elicited with a Computer Game, Emotion, Nr 5, 513-518, 2005.
- [68] M. van Reekum, T. Johnstone, et al, Psychophysiological Responses to Appraisal Dimensions in a Computer Game, Cognition and Emotion, Nr 18, 663-688, 2004.
- [69] S. Kaiser, T. Wehrle, Situated emotional problem solving in interactive computer games, IXth Conference of the International Society for Research on Emotions, 276-280, 1996.
- [70] P. Tyrer, *Use of Beta-Blocking Drugs in Psychiatry and Neurology*, Drugs, Nr 20, 300-308, 1980.
- [71] P. Tyrer, I. Lee, et al, *Prognostic Factors Determining Response to Antidepressant Drugs in Psychiatric out-patients and General Practice*, Journal of Affect Disorder, Nr 2, 149-156, 1980.
- [72] N. Fragopanagos, J. Taylor, *Emotion Recognition in Human-Computer Interaction*, Neural Networks, Nr 18, 389-405, 2005.
- [73] M. Bartlett, J. C. Hager, P. Ekman, et al, *Measuring Facial Expressions by Computer Image Analysis*, Psychophysiology, Nr 36, 253-263, 1999.

- [74] G. Donato, M. Bartlett, J. Hager, et al, *Classifying Facial Actions*, IEEE T Pattern Analysis and Machine Intelligence, Nr 21, 974-989, 1999.
- [75] J. Scheirer, R. Fernandez, R. Picard, *Expression Glasses: A Wearable Device for Facial Expression Recognition*, CHI '99 Short Papers, 1999.
- [76] R. Fernandez, R. Picard, *Modeling Driver's Speech under Stress*, Proc. ISCA Workshop on Speech and Emotions, Belfast, 2000.
- [77] A. Shaarani, M. Romano, *Basic Emotions From Body Movements*, The First International Symposium on Culture, Creativity and Interaction Design, HCI 2006 Workshops, The 20th BCS HCI Group conference, 2006.
- [78] Ginevra Castellano, Santiago Villalba, Antonio Camurri, *Recognising Human Emotions from Body Movement and Gesture Dynamics*, Affective Computing and Intelligent Interaction, Volume 4738/2007, 71-82, 2007.
- [79] Simon Robinson, Ewald Moser, Martin Peper, *fMRI of Emotion*, Neuromethods, Nr 41, 411-456, 2009.
- [80] Greg Siegle, Stuart Steinhauerab, Michael Thasea, et al, *Can't Shake That Feeling: Event-Related fMRI Assessment of Sustained Amygdala Activity in Response to Emotional Information in Depressed Individuals*, Biological Psychiatry, Nr 51, 693-707, 2002.
- [81] Toshimitsu Musha, Yuniko Terasaki, Hasnine Haque, et al, *Feature Extraction from EEGs Associated with Emotions*, Artificial Life and Robotics, Nr 1, 15-19, 1997.
- [82] M. Murugappan, M. Rizon, R. Nagarajan, et al, *EEG Feature Extraction for Classifying Emotions Using FCM and FKM*, Proceedings of the 7th WSEAS International Conference on Applied Computer and Applied Computational Science, 299-304, 2008.
- [83] Stephen H. Fairclough, *Fundamentals of Physiological Computing*, in Interaction with Computers, Vol 21, Issue 1-2, 133-145, 2009.
- [84] G. Chanel, K. Ansari-Asl, T. Pun, *Emotion Assessment: Arousal Evaluation Using EEG's and Peripheral Physiological Signals*, Multimedia Content Representation, Classification and Security, 530-537, 2006.
- [85] G. Chanel, K. Ansari-Asl, T. Pun, *Valence-Arousal Evaluation Using Physiological Signals in an Emotion Recall Paradigm*, ISIC, IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2662-2667, 2007.
- [86] J. Healey and R. Picard, *SmartCar: Detecting Driver Stress*, Proceedings of ICPR'00, Barcelona, Spain, 2000.
- [87] R. Picard, E. Vyzas, J. Healey, *Toward Machine Emotional Intelligence: Analysis of Affective Physiological State*, IEEE Transactions Pattern Analysis and Machine Intelligence, Nr 23, 1175-1191, 2001.
- [88] C. Katsis, N. Katertsidis, G. Ganiatsas, et al, *Towards Emotion Recognition in Car-Racing Drivers: A Biosignal Processing Approach*, in IEEE Tran. on Systems, Man, and Cybernetics – Part A: Systems and Humans, Vol. 38, No 3, pp. 502-512, 2008.

- [89] J. Kim, E. André, *Multi-Channel BioSignal Analysis for Automatic Emotion Recognition*, in Proceedings of the First International Conference on Biomedical Electronics and Devices, 2008.
- [90] J. Kim, E. André, *Four-Channel Biosignal Analysis and Feature Extraction for Automatic Emotion Recognition*, Biomedical Engineering Systems and Technologies, 265-277, 2009.
- [91] W. Bailer, P. Schallauer, *The Detailed Audiovisual Profile: Enabling Interoperability between MPEG-7 Based Systems*, in Proceedings of 12th International Multi-Media Modeling Conference, Beijing, China, 2006.
- [92] R. Troncy, *Integrating Structure and Semantics into Audio-visual Documents*, in Proceedings of the 2nd International SemanticWeb Conference, LNCS 2870, 566-581, Sanibel Island, Florida, USA, 2003.
- [93] S. Bloehdorn, K. Petridis, et al, *Semantic Annotation of Images and Videos for Multimedia Analysis*, in Proceedings of the 2nd European Semantic Web Conference, Heraklion, Greece, 2005.
- [94] J. Hunter, *Adding Multimedia to the Semantic Web - Building an MPEG-7 Ontology*, in Proceedings of the 1st International Semantic Web Working Symposium, Stanford, USA, 2001.
- [95] A. Isaac, R. Troncy, *Designing and Using an Audio-Visual Description Core Ontology*, in Workshop on Core Ontologies in Ontology Engineering held in conjunction with the 14th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management, 2004.
- [96] A. Money, H. Agius, *Automating the Extraction of Emotion-Related Multimedia Semantics*. IEEE International Workshop on Human-Computer Interaction, 2005.
- [97] Young-Seol Lee, Sung-Bae Cho, *Exploiting Mobile Contexts for Petri-Net to Generate a Story in Cartoons*, Applied Intelligence, 2009.
- [98] P. Casella, A. Paiva, *MAGentA, An Architecture for Real Time Automatic Composition of Background Music*, Proceedings of the Third International Workshop on Intelligent Virtual Agents, 224-232, 2001.
- [99] David Ventura, David Brogan, *Digital Storytelling with DINAH: Dynamic, Interactive, Narrative Authoring Heuristic*, International Workshop on Entertainment Computing, 2002.
- [100] Michael Mateas, Andrew Stern, *Structuring Content in the Façade Interactive Drama Architecture*, Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment, Los Angeles, 2005.
- [101] Adam Barclay, Hannes Kaufmann, *An Event-Driven, Stochastic, Undirected Narrative (EDSUN) Framework for Interactive Contents*, Technologies for Interactive Digital Storytelling and Entertainment, 13-24, 2006.
- [102] Nicolas Szilas, Jason Barles, Manolya Kavakli, *An Implementation of Real-Time 3D Interactive Drama*, Computers in Entertainment, Nr 5, 2007.
- [103] Marc Cavazza, Fred Charles, Steven J. Mead, *Developing Re-Usable Interactive Storytelling Technologies*, Building the Information Society, Nr 156, 39-44, 2008.

- [104] Minet de Wieda, Anton van Boxtelb, Ruud Zaalbergc, et al, *Facial EMG Responses to Dynamic Emotional Facial Expressions in Boys with Disruptive Behavior Disorders*, Journal of Psychiatric Research, Volume 40, 112-121, 2006.
- [105] Sridhar Poosapadi Arjunan, Hans Weghorn, Dinesh Kant Kumar, et al, *Recognition of Human Voice Utterances from Facial Surface EMG without Using Audio Signals*, Enterprise Information Systems, Volume 12, 366-378, 2008.
- [106] Z. Tan, I. Lu, et al, *The Chair as a Novel Haptic User Interface*, Proceedings of the Workshop on Perceptual User Interfaces, Banff, Alberta, Canada, 1997.
- [107] S. Mota, R. Picard, *Automated Posture Analysis for Detecting Learner's Interest Level*, Workshop on Computer Vision and Pattern Recognition for Human-Computer Interaction, CVPR HCI, Madison, WI, IEEE, 2003.
- [108] R. Fletcher, K. Dobson, M. Goodwin, et al, *iCalm: Wearable Sensor and Network Architecture for Wirelessly Communicating and Logging Autonomic Activity*, IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, 2010.
- [109] C. Peter, E. Ebert, H. Beikirch, *A Wearable Multi-Sensor System for Mobile Acquisition of Emotion-Related Physiological Data*, Proceedings of the First International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction: ACII 2005, 691-698, 2005.
- [110] J. P. S. Cunha, B. Cunha, W. Xavier, N. Ferreira, A. S. Pereira, *Vital-Jacket: A Wearable Wireless Vital Signs Monitor for Patients' Mobility*, Avantex Symposium, Frankfurt, Germany, 2007.
- [111] J. Westerink, M. Ouwerkerk, et al, *Probing Experience: From Academic Research to Commercial Propositions*, Philips Research Book Series, Vol 8, ISBN: 978-1-4020-6592-7, 2008.
- [112] M. Ouwerkerk, J. Westerink, et al, *Sensing Emotions in Context: The Impact of Context on Behavioural and Physiological Experience Measurements*, Philips Research Book Series, ISBN-978-9-0481-3257-7, 2010.
- [113] E. van der Broek, J. Westerink, *Considerations for Emotion-Aware Consumer Products*, Applied Ergonomics, Vol 40, 1055-1064, 2009.
- [114] Hong Yu, Pengfei Li, Zhiming Xiao, et al, *A Multi-Channel Instrumentation System for Biosignal Recording*, Engineering in Medicine and Biology Society, 2020-2023, 2008.
- [115] Nobuo Karita, Shoji Kawahito, et al, *Implementation and Design of Biosignal Optical Telemetry System Based on Enforced Synchronization*, Systems and Computers in Japan, Volume 23, 19-31, 2007.
- [116] B. Gosselin, L. Faniel, M. Sawan, *A High Data Rate Telemetry System for Multi-Channel Biosignal Recording*, Biomedical Circuits and Systems Conference, 170-173, 2006.
- [117] Hugo Gamboa, *Multi-modal Behavioral Biometrics Based on HCI and Electrophysiology*, PhD thesis, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico, 2008.

- [118] Vários Autores, *Bioplux Research*, Disponível online em <http://www.plux.info/biopluxresearch>, Consultado em Março 2010.
- [119] Vários Autores, *Wireless Monitoring and Biofeedback*, Disponível online em <http://www.mindmedia.nl/english/nexus10.php>, Consultado em Março 2010.
- [120] Jonghwa Kim, Elisabeth André, *Fusion of Multichannel Biosignals Towards Automatic Emotion Recognition*, Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems, Vol 35, 55-68, 29, 2009.
- [121] Hua Wang, H. Prendinger, T. Igarashi, *Communicating Emotions in Online Chat using Physiological Sensors and Animated Text*, in Conference on Human Factors in Computing System, 1171-1174, 2004.
- [122] Jae-woo Chung, G. Scott Vercoe, *The Affective Remixer: Personalized Music Arranging*, in Conference on Human Factors in Computing Systems, 393-398, 2006.
- [123] M. Benovoy, J. Cooperstock, J. Deitcher, *Biosignals Analysis and its Application in a Performance Setting - Towards the Development of an Emotional-Imaging Generator*, in Proceedings of the First Inte Conference on Biomedical Electronics and Devices, 253-258, 2008.
- [124] Egon L. van den Broek et al, *Biosignals as an Advanced Man-Machine Interface*, in BIOSTEC International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies, 15-24, 2009.
- [125] Olivier Villon, Christine Lisetti, *Affective Multimedia Interaction Grounded on a Cognitive Science Approach : Interpreting Indirect Measures of Emotion and Modeling the Affective Relationship to Multimedia Contents*, Proceedings of the 3rd HUMAINE EU Summer School Casa Paganini-InfoMus Lab, DIST, University of Genova, Italy, 2006.
- [126] G. Castellano, I. Leite, A. Pereira, et al, *Affect Recognition for Interactive Companions: Challenges and Design in Real World Scenarios*, Journal on Multimodal User Interfaces, Springer, 2010.
- [127] Ginevra Castellano, Kostas Karpouzis, Christopher Peters, Jean-Claude Martin, *Special Issue on Real-Time Affect Analysis and Interpretation: Closing the Affective Loop in Virtual Agents and Robots*, Journal on Multimodal User Interfaces, Volume 3, 2010.
- [128] A. Paiva, J. Dias, et al, *Caring for Agents and Agents that Care: Building Empathic Relations with Synthetic Agents*, Proceedings of the Third International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi Agent Systems (AAMAS-04), New York, NY, ACM Press, 2004.
- [129] H. Prendinger, M. Ishizuka, *The Empathic Companion: A Character-based Interface that Addresses User's Affective States*, International Journal of Applied Artificial Intelligence 19(3-4): 267-285, 2005.
- [130] M. Pantic, L. Rothkrantz, *Toward an Affect-Sensitive Multimodal Human-Computer Interaction*, Proceedings of the IEEE 91(9): 1370-1390, 2003.

- [131] Vasco Vinhas, Daniel Castro Silva, Eugénio Oliveira, Luís Paulo Reis, *Biometric Emotion Assessment and Feedback in an Immersive Digital Environment*, International Journal of Social Robotics, 307-317, 2009.
- [132] Vasco Vinhas, Daniel Castro Silva, Eugénio Oliveira, Luís Paulo Reis, *Real-Time Biometric Emotion Assessment in an Immersive Environment*, ICINCO 2009 – International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics, 153-158, Milano, Italy, July 2-5, 2009.
- [133] Vasco Vinhas, Daniel Castro Silva, Eugénio Oliveira, Luís Paulo Reis, *Dynamic Multimedia Environment Based On Real-Time User Emotion Assessment – Biometric User Data Towards Affective Immersive Environments*, ICEIS 2009 – International Conference on Enterprise Information Systems, 42-47, Milan, Italy, May 6-10, 2009.
- [134] Vasco Vinhas, Eugénio Oliveira, Luís Paulo Reis, *Emotion-Based Multimedia Retrieval and Delivery Through Online User Biosignals – Multichannel Online Biosignals Towards Adaptative GUI and Content Delivery*, ICAART 2009 – International Conference on Agents and Artificial Intelligence, 232-237, Porto, Portugal, January 19-21, 2009.
- [135] Jorge Teixeira, Vasco Vinhas, Eugénio Oliveira, Luís Paulo Reis, *Automatic Emotion Induction and Assessment Framework – Enhancing User Interfaces by Interpreting Users Multimodal Biosignals*, BIOSIGNALS 2009 – International Conference on Bio-inspired Systems and Signal Processing, 487-490, Porto, Portugal, January 14-17, 2009.
- [136] Vasco Vinhas, Eugénio Oliveira, Luís Paulo Reis, *Dynamic Multimedia Content Delivery Based on Real-Time User Emotions – Multichannel Online Biosignals Towards Adaptative GUI and Content Delivery*, BIOSIGNALS 2009 – International Conference on Bio-inspired Systems and Signal Processing, 299-304, Porto, Portugal, January 14-17, 2009.
- [137] Jorge Teixeira, Vasco Vinhas, Eugénio Oliveira, Luís Paulo Reis, *A New Approach to Emotion Assessment Based on Biometric Data*, WI-IAT '08 - IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology, 9-12 Dec, Sydney, Australia, pp. 505-511, 2008.
- [138] Jorge Teixeira, Vasco Vinhas, Eugénio Oliveira, Luís Paulo Reis, *Emotion Assessment Tool For Human-Machine Interfaces – Using EEG Data and Multimedia Stimuli Towards Emotion Classification*, ICETE, SIGMAP, Proceedings of the International Conference on Signal Processing and Multimedia Applications, pp.185-188, Porto, Portugal, 2008.
- [139] Vasco Vinhas, Eugénio Oliveira, Luís Paulo Reis, *Realtime Dynamic Multimedia Storyline Based on Online Audience Biometric Information*, KES IIMSS - Intelligent Interactive Multimedia Systems and Services, 545-554, University of Piraeus, Greece, July 9-11, 2008.
- [140] Jorge Teixeira, Vasco Vinhas, Eugénio Oliveira, Luís Paulo Reis, *General-Purpose Emotion Assessment Testbed Based on Biometric Information*, KES IIMSS - Intelligent Interactive Multimedia Systems and Services, 533-543, University of Piraeus, Greece, July 9-11, 2008.

- [141] Jorge Teixeira, Vasco Vinhas, Eugénio Oliveira, Luís Paulo Reis, *MultiChannel Emotion Assessment Framework - Gender and High-Frequency Electroencephalography as Key-Factors*, in Proceedings of ICEIS 2008 - 10th International Conference on Enterprise Information Systems, 331-334, Barcelona, Spain, June 12-16, 2008.
- [142] Jorge Teixeira, Vasco Vinhas, Eugénio Oliveira, Luís Paulo Reis, *MultiChannel Emotion Assessment Framework - Positive and Negative Emotional Dichotomy*, in ICINCO 2008, 5th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics, Vol. Signal Processing Systems Modeling and Control, 249-252, Funchal, Madeira, Portugal. May 11–15, 2008, ISBN: 978-989-81111-32-6
- [143] António Gomes, Vasco Vinhas, *Mouse Control Through Electromyography*, in BIOSIGNALS 2008 – International Conference on Bio-inspired Systems and Signal Processing, 371-376, Funchal, Madeira, Portugal. January 28–31, 2008.
- [144] Paul, R., Clark C., *Age-Dependent change in Executive Function and Gama 40Hz Phase Synchrony*, in Journal of Integrative Neuroscience, Volume 4, Number 1, 63-76, 2005.
- [145] Aftanas, L., Anton, A., *Time-dependent cortical asymmetries induced by emotional arousal: EEG analysis of event-related synchronization and desynchronization in individually defined frequency bands*, in Neuroscience and Behavioral Physiology, Vol 34, 2001.
- [146] Aftanas, L., Reva, N., *Neurophysiological Correlates of Induced Discrete Emotions in Humans: An Individually Oriented Analysis*, in Int. Journal of Psychophysiology, 67-82, Vol 44, 2001.
- [147] Aftanas, L., Reva, N., *Analysis of Evoked EEG Synchronization and Desynchronization in Conditions of Emotional Activation in Humans: Temporal and Topographic Characteristics*, in Neuroscience and Behavioral Physiology, Vol 34, 2006.
- [148] Chanel, G., Kronegg, J., Grandjean, D., *Emotion Assessment: Arousal Evaluation Using EEG's and Peripheral Physiological Signals*, in Technical Report, 2005.
- [149] Rusalova, M., Kostyunina, M., *Spatial Distribution of Coefficients of Asymmetry of Brain Bioelectrical Activity during the Experiencing of Negative Emotions*, in Neuroscience and Behavioral Physiology, Vol 33 2003.
- [150] Kazuhiko Takahashi, *Remarks on Emotion Recognition from Bio-Potencial Signals*, in the Second Int. Conference on Autonomous Robots and Agents, Vol 3, 1138-1143, 2004.
- [151] Oppenheim, A.V., Willsky, A.S., *Signals & Systems – Second Edition*, Prentice Hall, ISBN 0138147574, 1983.
- [152] Catherine A. Sugar, Gareth M. James, *Finding the number of clusters in a data set: An information theoretic approach*, Journal of the American Statistical Association, 750-763, No 98, January 2003.

Apêndice

Dados Técnicos das Soluções de Hardware Adoptadas

Tabela 10 – Dados Técnicos Gerais do Neurobit Lite

Parâmetro	Valor	Condições
Intervalo Temperatura	0..+40°C	Operacional
Intervalo Temperatura	-20..+60°C	Transporte
Intervalo Temperatura	5..35°C	Armazenamento
Humidade	<80%	
Dimensões (comprimento x largura x profundidade)	165 x 92 x 35 mm	
Peso	266 g	Com baterias
Peso	220 g	Sem baterias
Fonte de Alimentação	2 x AA (R6) pilhas alcalinas or NiMH	
Potencial de Alimentação	2.1..3.2 V	
Consumo	100 mW	Sem transmissão de dados para PC
Consumo	270 mW	Com transmissão de dados para PC a 115kb/s
Autonomia	73 h	Pilhas alcalinas (2800mAh)
Autonomia	40 h	NiMH(1800mAh)

Tabela 11 - Subsistema de Audio do Neurobit Lite

Parâmetro	Valor	Condições
Número de Canais	2 (stereo)	
Conversor Analógico Digital	16 bit	
Frequência de Amostragem	31.25 kHz	
Potência Max Auscultadores	5.7 mW / canal	Para impedância de 32 Ω
Impedância	32 Ω (16..64 Ω)	

Tabela 12 – Subsistema de Medição do Neurobit Lite

Parâmetro	Valor	Condições de Medição
Número de Canais	1 diferencial	
Intervalo de Medição	$\pm 150 \mu V$	
Nível de Ruído de Entrada	$0.95 \mu V_{pp}$	Na banda 1..40 Hz, com impedância de $10 K\Omega$ a $9.6 kb/s$
Resolução de Medição	$0.073 \mu V$	
Tolerância a Interferência Primária	$12 mV_{pp}$	
CMRR	$\geq 130 dB$	Para impedância assimétrica do eléctrodo a $10 k\Omega$, a $50 Hz$
Impedância Comum de Entrada	$\geq 30 G\Omega$	a $50 Hz$
Impedância Diferencial de Entrada	$1 G\Omega 100 pF$	a $10 Hz$
Conversor Analógico Digital	12 bit	
Frequência de Amostragem	128..1024 Hz	
Frequência Máxima de Largura de Banda (Bw_{max})	$F_s (128Hz) - Bw_{max} (40Hz)$ $F_s (256Hz) - Bw_{max} (80Hz)$	$F_s (512Hz) - Bw_{max} (100Hz)$ $F_s (1024Hz) - Bw_{max} (100Hz)$

Tabela 13 – Subsistema de Comunicação por Infravermelhos do Neurobit Lite

Parâmetro	Valor	Condições
Taxa de Transmissão Máxima	$115 kb/s$	
Alcance de Comunicação	1 m	

Tabela 14 – Dados Técnicos Gerais do Oxicard

Parâmetro	Valor	Condições
Intervalo Temperatura	-20..+60°C	Armazenamento
Intervalo Temperatura	0..+40°C	Operacional
Humidade	5..95%	Armazenamento
Humidade	5..95%	Operacional
Pressão Atmosférica	503..1059 hPa	Armazenamento
Pressão Atmosférica	503..1059 hPa	Operacional
Peso	170 g	
Dimensões (comprimento x largura x profundidade)	43 x 3 x36 mm	
Precisão Oxigenação	SpO2: ± 1 S.D. 70-100% $\pm 2\%$	
Precisão Ritmo Cardíaco	± 3 batimentos por minuto	
Intervalo Oxigenação	0..100%	
Intervalo Ritmo Cardíaco	30..235 batimos por minuto	

Tabela 15 – Dados Técnicos Gerais do Vuzix iWear

Parâmetro	Valor
Resolução	640 x 480
Peso	91 g
Campo de Visão	32º
Som	Microfone Auscultadores Stereo
Método Posicionamento	Freedom Tracker 3 graus <i>roll, pitch e yaw</i>
Dimensões	Relevo Óptica de 2cm Caixa Ocular de 0.8 cm
Possibilidade de Uso Óculos Graduados	Sim

Tabela 16 – Dados Técnicos Gerais do Nexus-10

Parâmetro	Valor	Condições
Intervalo Temperatura	10..40°C	Operacional
Intervalo Temperatura	-10..+40°C	Transporte e Armazenamento
Humidade	10..90%	Operacional
Humidade	10..90%	Transporte e Armazenamento
Pressão	500..1060 hPa	Operacional
Pressão	500..1060 hPa	Transporte e Armazenamento
Dimensões (comprimento x largura x profundidade)	114 x 98 x 37 mm	
Peso	234 g	Sem baterias
Fonte de Alimentação	2 x AA (R6) pilhas alcalinas or NiMH	
Nível de Indicação de Baixo Nível de Alimentação	2.1 V $\pm$ 0.1 V	
Nível de Indicação de Ausência de Alimentação	1.9 V $\pm$ 0.1 V	
Consumo	270 mW	Com transmissão de dados para PC a 115kb/s
Autonomia	8..20 h	Dependendo da utilização e configuração dos sensores

Tabela 17 – Subsistema de Comunicação por Infravermelhos do Nexus-10

Parâmetro	Valor	Condições
Protocolo	Bluetooth 1.1 class 2	
Profile	Porta Série	
Alcance de Comunicação	10 m	Em condições óptimas sem obstrução de sinal
Cartões de Memória	Cartões SD 256..2048 MB	

Tabela 18 – Subsistema de Medição de Canais Bipolares do Nexus-10

Parâmetro	Valor	Condições de Medição
Nível de Ruído	$\leq 0.9 \mu\text{V}$	256 SPS EEG Range 1..45 Hz
Ganho	19.5 x	
Diferencial Sinal de Entrada	$< 0.1 \text{ V}$	
Input Commom Mode Range	-2..2V	
Impedância de Entrada	$> 10^{12} \Omega$	
CMRR	100 dB	
Ligação	LEMO 6 pin	
Precisão	$\pm 2\%$	
Resolução	24 bit Bipolar 12.2 nV per bit Fs: 2048 Hz	

Tabela 19 – Subsistema de Medição de Canais Aux do Nexus-10

Parâmetro	Valor	Condições de Medição
Potencial de Saída	-5..5V	max de 5mA por canal
Ganho	1 x	
Diferencial Sinal de Entrada	-2..2V	
Input Commom Mode Range	-2..2V	
Impedância de Entrada	$> 10^{10} \Omega$	
CMRR	80 dB	
Ligação	LEMO 5 pin	
Precisão	$\pm 2\%$	
Resolução	0.238 μV Fs: 128Hz	

Estudo de Mercado Comparativo Relativamente às Soluções de Hardware Adoptadas**Tabela 20 – Quadro Comparativo Soluções Hardware EEG – Parte I**

Parâmetro	QPET 4-Canais	PET 1-Canal	PET 2-Canais Unip.	PET 2-Canais Bip.	Neurobit Lite + BioExplorer	Neurobit Lite
Preço (sem impostos)	1.550 €	1.080 €	1.150 €	1.215 €	999€ com IVA	650€ com IVA
Origem	Holanda	Holanda	Holanda	Holanda	Polónia	Polónia
Intrusividade	sensores / eléctrodos	sensores / eléctrodos	sensores / eléctrodos	sensores / eléctrodos	sensores / eléctrodos	sensores / eléctrodos
Drivers/SO	N/A	N/A	N/A	N/A	Windows/Linux	Windows/Linux
Software	Qview / BioExplorer	Qview / BioExplorer	Qview / BioExplorer	Qview / BioExplorer	BioExplorer / BioEra	BioExplorer / BioEra
Preço Software	Gratuito 400 €	Gratuito 400 €	Gratuito 400 €	Gratuito 400 €	Incluído 249\$ (download)	400€ 249\$ (download)
Freq. Amostragem	3500Hz - 25000Hz	200Hz >	200Hz >	200Hz >	128 - 1024 Hz	128 - 1024 Hz
Condutividade Pele	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
EMG	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
ECG	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
Temperatura	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Portabilidade	Bluetooth	Bluetooth	Bluetooth	Bluetooth	IrDA standard	IrDA standard

Tabela 21 – Quadro Comparativo Soluções Hardware EEG – Parte II

Parâmetro	Atlantis I	Atlantis II	BrainMaster AT-1 2.5W	BrainMaster AT1-2P	BrainMaster MINI-Q
Preço (sem impostos)	\$2695	\$1340	\$995	\$1095	\$995
Origem	EUA	EUA	EUA	EUA	EUA
Intrusividade	sensores / eléctrodos	sensores / eléctrodos	sensores / eléctrodos	sensores / eléctrodos	sensores / eléctrodos
Drivers/SO	Windows	Windows	Windows	Windows	Windows
Software	BrainMaster 3.0	BrainMaster 3.0	BrainMaster 2.5	BrainMaster 2.5	Mini-Q
Preço Software	\$695 \$350	\$695 \$350	\$695 \$350	\$695 \$350	\$695 \$350
Freq. Amostragem	8192	256	256	256	256
Condutividade Pele	Não	Não	Não	Não	Não
EMG	Não	Não	Não	Não	Não
ECG	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Temperatura	Não	Não	Não	Não	Não
Portabilidade	USB	USB	USB	USB	USB

Mecanismos de Controlo da Ferramenta *IAPS Wizard*

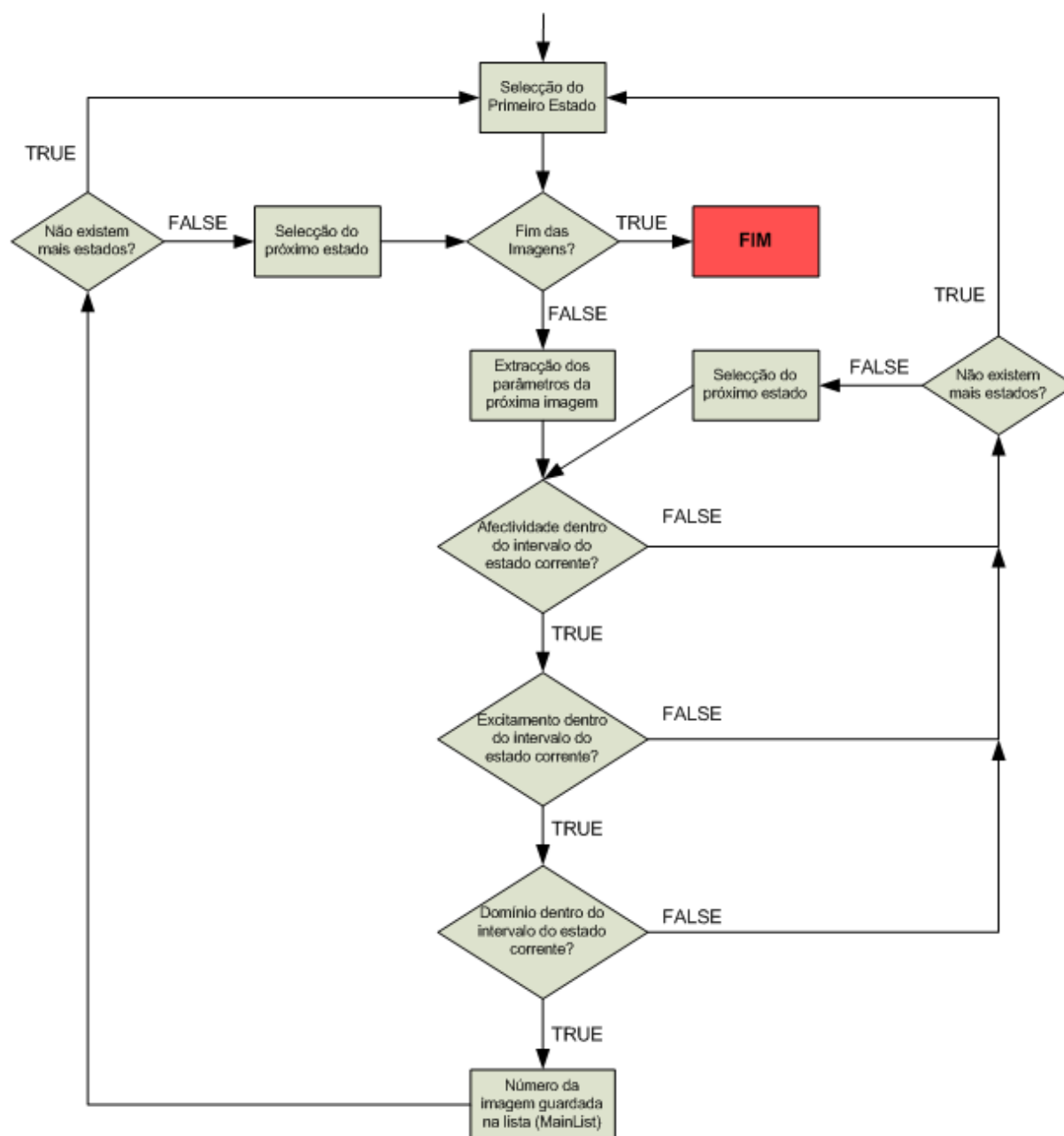


Ilustração 39 – Mecanismo de Selecção Parametrizada de Conteúdos

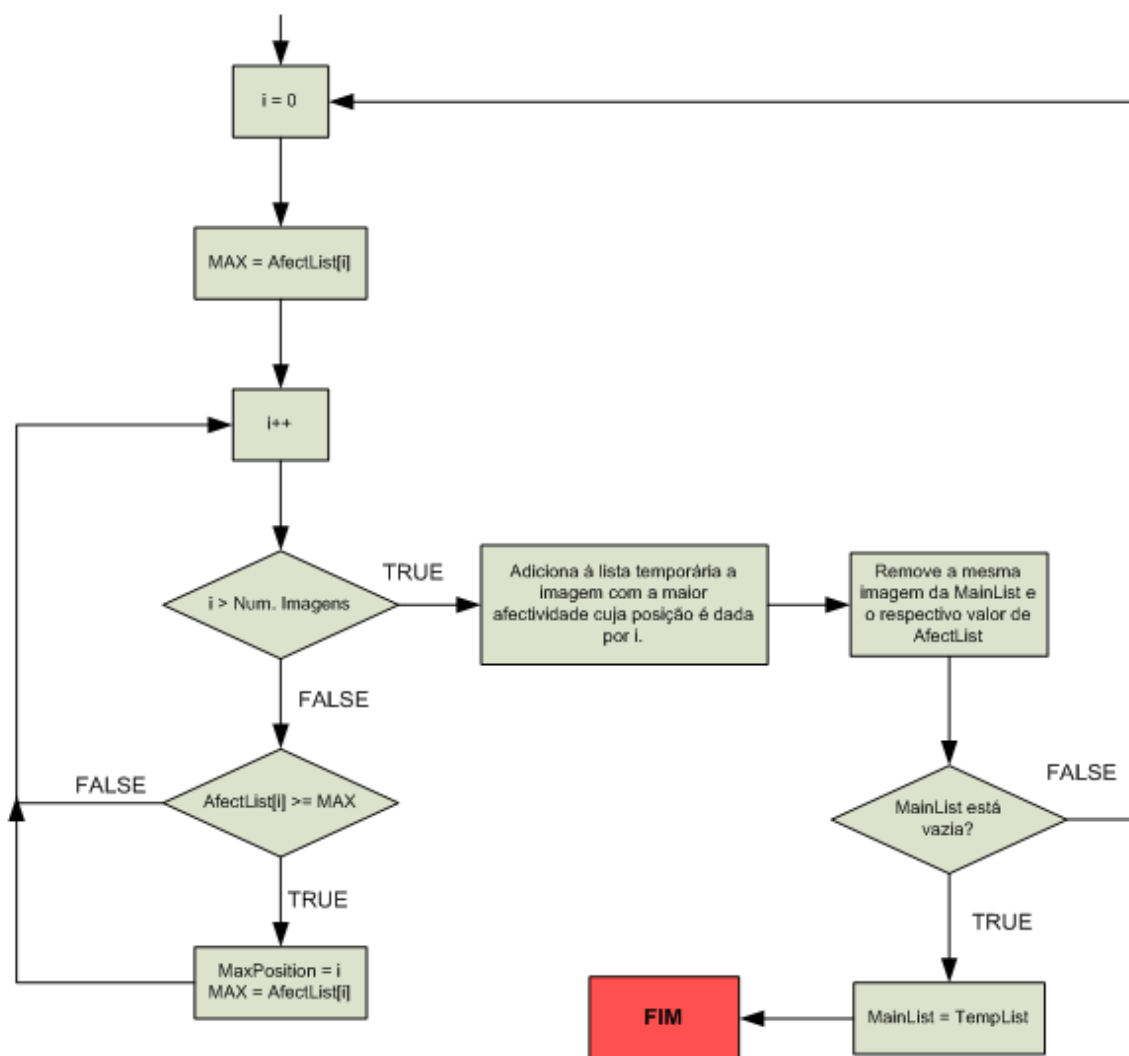


Ilustração 40 – Processo de Ordenação de Imagens

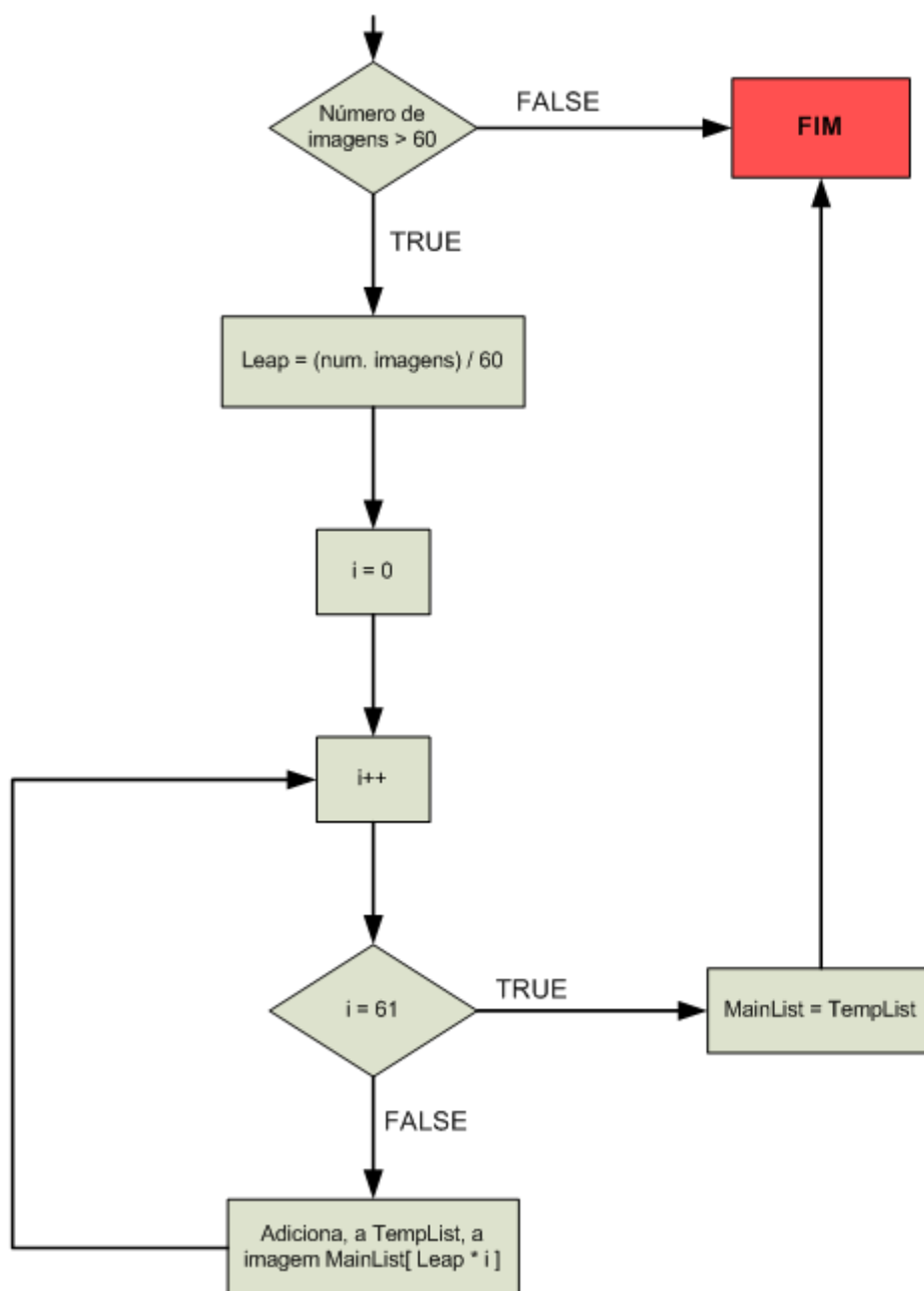


Ilustração 41 – Processo de Interpolação do Conjunto de Imagens

Patente 37948.08 “Dispositivo e método para control e actuação por electromiografia”

RESUMO

“Dispositivo e método para controlo e actuação *por electromiografia*”

A presente invenção diz respeito a um dispositivo e um método para controlo e actuação por electromiografia, que consiste numa extensão às tradicionais interfaces de utilizador (1) orientadas à interacção manual. Através de um eléctrodo activo localizado, por exemplo, na zona temporal do utilizador (2), próximo de um olho, a invenção é capaz de detectar actividade neuromuscular intencional como, por exemplo, o fecho propositado de cada olho individual e diferenciadamente, ou de ambos em simultâneo, e, deste modo, processar esta informação como um mecanismo para controlo e actuação de dispositivos externos. Como exemplo deste tipo de acções, tem-se os movimentos discretizados e/ou cliques de rato de computador. O invento tem vantagens na integração de grupos populacionais tradicionalmente excluídos, nomeadamente paraplégicos, tetraplégicos, amputados de membros superiores, pacientes com paralisia cerebral. Esta invenção é também vantajosa para todos os utilizadores, em geral, como forma alternativa ou complementar aos controlos manuais existentes.

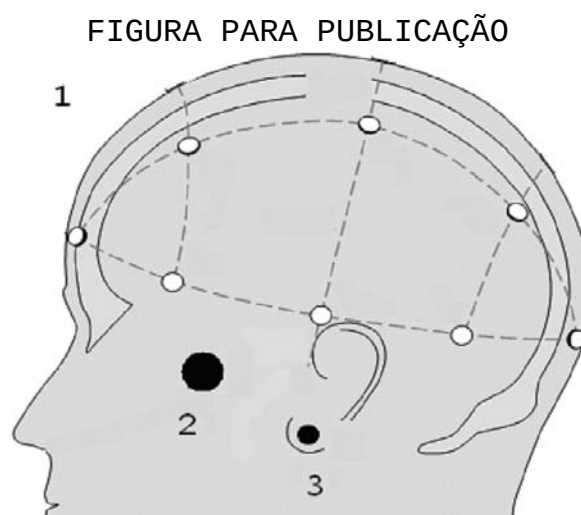


Figura 1

DESCRIÇÃO

“Dispositivo e método para controlo e actuação *por electromiografia*”

Domínio Técnico da Invenção

A presente invenção diz respeito à necessidade de interfaces com o ser humano para o controlo efectivo de sistemas ou aparelhos, como são, por exemplo, os tradicionais interfaces de utilizador: botões, teclados ou dispositivos apontadores como os ratos de computador.

Estes interfaces são normalmente manuais, mas muitas vezes é necessário ou simplesmente preferível obter outras formas de interacção que não impliquem que o utilizador intervenha com as suas mãos.

Esta invenção tem por exemplo aplicação na área da saúde, na integração de grupos populacionais com restrições nas suas capacidades físicas ou mentais, nomeadamente paraplégicos, tetraplégicos, amputados de membros superiores ou pacientes com paralisia cerebral. Esta invenção tem ainda aplicação em toda e qualquer necessidade de interacção do ser humano com aparelhos ou dispositivos, nomeadamente nos sectores fabris, metalomecânicos, indústrias transformadoras, de serviços informáticos, de produtos de domótica ou burótica, de sistemas para jogos informáticos ou electrónicos, condução de veículos ou máquinas, entre outras aplicações.

Antecedentes da Invenção

A presente invenção diz respeito a interfaces com o ser humano para o controlo efectivo de sistemas ou aparelhos, como são, por exemplo, os tradicionais interfaces de utilizador: botões, teclados ou dispositivos apontadores como os ratos de computador.

Um dos problemas mais frequentes é que estes interfaces são normalmente manuais, mas muitas vezes é necessário ou simplesmente preferível obter outras formas de interacção que não impliquem que o utilizador intervenha com as suas mãos.

Muito embora este problema técnico tenha já sido alvo de algumas abordagens prévias pela comunidade científica internacional, tal como os projectos listados ao longo deste ponto o demonstram, a rota por eles seguida baseia-se na opção técnica da utilização de óculos de infra-vermelhos ou análise de movimento do globo ocular, sendo a proposta técnica apresentada tida por inovadora.

O documento “Eye-R, a Glasses-Mounted Eye Motion Detection Interface”, Ted Selker, Andrea Lockerd, Jorge Martinez, MIT Media Lab, 20 Ames St., Cambridge, Estados Unidos, divulga um sistema capaz da detecção e comunicação de informação intencional relacionada com o movimento ocular utilizando para o efeito sensores infra-vermelhos acoplados a óculos enquanto a presente invenção apresenta uma solução para a detecção de piscar de olhos utilizando apenas a leitura de sinais eléctricos musculares o que permite o acesso a informação intencional distinta sem interferência invasiva no campo visual do utilizador.

O documento “Retina Based Mouse Control (RBMC)”, Arslan Qamar Malik, and Jehanzeb Ahmad, Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology Volume 25 NOVEMBER 2007, divulga um sistema de detecção exclusiva de movimentos oculares para uso exclusivo em controlo de um rato de computador, utilizando múltiplos eléctrodos para realizar eletrooculografia. A presente invenção apresenta um número menor de eléctrodos para a detecção de piscar intencional de olhos e não exclusivamente movimentos oculares, sendo, deste modo menos intrusiva ao mesmo tempo que possibilita o mapeamento dos artefactos em diversas aplicações práticas.

O documento US5474082 divulga um método para o controlo adjuvado de um dispositivo baseado na leitura em simultâneo de dados de electroencefalografia e electromiografia tendo o utilizador a possibilidade de escolha de qual a banda de frequência que deseja utilizar para o efeito, sendo as variações detectadas, mapeadas, directamente sobre o dispositivo de controlo em causa. A presente invenção não se limita a fazer variar o controlo de um dispositivo linearmente com a variação de um sinal biológico, procedendo antes a uma leitura e processamento do mesmo até à identificação de um artefacto considerado como fecho intencional de um olho, mapeando, só depois, esta classificação em acções do dispositivo sob controlo.

O documento US5990866 divulga uma invenção que visa a introdução de dispositivos de resposta fisiológica integrados em mecanismos de interacção tais como ratos de computador, joysticks e canetas de edição digital tendo como objectivo a utilização desta informação colectada para a adaptação dinâmica do ambiente de trabalho de acordo com as reacções do utilizado. A presente invenção apresenta uma abordagem diferente pois visa o mapeamento de acções do utilizador em dispositivos através quer da sua emulação, quer através da sua extensão ao nível funcional.

O documento US5360971 divulga o método e os mecanismos para a realização de uma interface baseada em seguimento ocular. O sistema é capaz da geração e comunicação e activação de funções de controlo como resultado da detecção de movimentos oculares pré-definidos. Muito embora o sistema descrito preveja a detecção de fecho de olhos, estes artefactos são apenas utilizados para efeitos de descarte, concentrando-se apenas na detecção e seguimento de movimentos oculares. Para além das referidas diferenças funcionais, o método utilizado prevê a utilização de múltiplos eléctrodos activos montados em óculos, interferindo no campo visual do utilizador.

O documento US5570698 divulga o sistema para a monitorização dos olhos do utilizador para a detecção de comportamentos sonolentos. Para o efeito, o sistema socorre-se de mecanismos não invasivos como uma câmara de vídeo para a realização de detecção e seguimento ocular. Muito embora o sistema seja capaz da análise de imagem visando a detecção da abertura ocular e eventual fecho, este não é desenhado nem para a detecção de fecho intencional rápido e objectivo de um só olho, nem para o mapeamento de acções do utilizador em activação e controlo de funcionalidades de mecanismos de interacção.

O documento US 4595017, divulga um método automático para o processamento de sinais de eletrooculografia de um dado utilizador durante uma dada sessão através da gravação e análise do potencial eléctrico de um dado olho do paciente. O sistema relata o processamento do sinal obtido através de um pré-determinado ciclo de estímulos visuais. Estando o âmbito desta invenção centrado na componente médica da técnica, não prevê, ao contrário da presente invenção a aplicação da recolha de artefactos funcionais em mapeamento de acções de dispositivos externos ao utilizador.

Sumário da Invenção e Vantagens

É objectivo da presente invenção a detecção de acções musculares para controlar mecanismos ou sistemas, nomeadamente através da acção de fechar, de forma intencional, os olhos, vulgo piscar, através de uma tecnologia minimamente invasiva sem obstrução do campo visual do sujeito.

A presente invenção é útil para proceder ao controlo de sistemas ou dispositivos, como, por exemplo, os movimentos de um rato de computador de forma discreta, bem como a emulação de cliques do mesmo dispositivo de interface humana.

A presente invenção utiliza um dispositivo que compreende um ou mais eléctrodos activos, respectivos componentes de aquisição, processamento e comunicação dos sinais obtidos, bem como, o método utilizado para a descodificação e tratamento dos sinais e decisão de accionamento conforme pretendido.

Efectuando uma comparação entre a presente proposta e os sistemas já desenvolvidos, conclui-se que as principais vantagens residem na utilização de soluções de equipamento minimamente invasivas, de baixo custo e sem qualquer interferência no campo visual do utilizador nem no ambiente a ele circundante. O método de classificação proposto é também eficiente ao nível temporal, permitindo a sua utilização em ambientes de tempo-real bem como a sua implementação em sistemas informáticos de reduzida capacidade ou sistemas móveis e embutidos.

Breve Descrição dos Desenhos

Para uma mais fácil compreensão da invenção, juntam-se em anexos as figuras, as quais, representam realizações preferenciais do invento que, contudo, não pretendem limitar o objecto da presente invenção.

Figura 1: Ilustração referente ao sistema de posicionamento dos eléctrodos, na qual

- (1) representa o sujeito ou portador da invenção,
- (2) representa a localização preferencial do eléctrodo activo e

(3) representa a localização preferencial dos eléctrodos de referência.

Figura 2: Representação esquemática de um sinal eléctrico típico recolhido pelo equipamento de aquisição de sinal tendo por objectivo a ilustração do funcionamento do método na detecção do fecho intencional de olho, na qual

(4) representa o eixo do tempo em milissegundos,

(5) representa o eixo relativo à amplitude do sinal,

(6) representa o parâmetro *pico* e

(7) representa o parâmetro *duração*.

Figura 3: Ilustração referente à arquitectura global do sistema, que se deve entender como um exemplo de arquitectura funcional e não como a única solução, na qual

(8) representa um ou mais eléctrodos,

(9) representa o equipamento de captação de sinal ao qual os eléctrodos estão ligados,

(10) representa a aplicação informática responsável pela aquisição do sinal e sua disponibilização,

(11) representa uma ou mais aplicações informáticas que podem estar a ser executadas no mesmo ambiente informático sem conflito,

(12) representa uma ou mais bases de dados onde os registos dos sinais eléctricos podem ser armazenados,

(13) representa uma rede de comunicação de dados, por exemplo baseada em TCP/IP,

(14) representa a aplicação informática responsável pela detecção de acções e consequente mapeamento das mesmas para o controlo e actuação de dispositivos,

(15) representa uma ou mais aplicações informáticas que podem aceder aos mesmos dados sem conflito com a aplicação (14).

Descrição Detalhada da Invenção

A presente invenção diz respeito à detecção de acções musculares por parte do sujeito ou portador da invenção (1), para controlar mecanismos ou sistemas, nomeadamente através da acção de fechar, de forma intencional, os olhos, vulgo piscar, através de uma tecnologia minimamente invasiva sem obstrução do campo visual do sujeito.

A presente invenção utiliza um dispositivo que compreende um ou mais eléctrodos activos (2), respectivos componentes de aquisição (9), processamento e comunicação dos sinais obtidos (10, 11, 12, 14, 15), bem como, o método utilizado para a decodificação e tratamento dos sinais e decisão de accionamento conforme pretendido.

O dispositivo proposto implica a colocação de um ou mais eléctrodos (2) próximo dos músculos cujo accionamento pelo cérebro se pretende detectar e de um ou mais eléctrodos para referência (3). Electromiografia consiste literalmente em registar a actividade eléctrica muscular.

O método implementado para o tratamento do sinal obtido pelo eléctrodo considera dois parâmetros que podem ser ajustados manualmente ou dinamicamente de acordo com o perfil do utilizador: valores de *duração* (7) e *pico* (6). Estes dois conceitos encontram-se ilustrados na figura 2, onde é visível um segmento temporal de um sinal eléctrico oriundo do sistema ligado a um utilizador. O valor de *pico* (6) consiste no valor limite a partir do qual é possível classificar o sinal como fecho intencional de olhos, ao passo que o valor de *duração* (7) consiste no intervalo de tempo mínimo em que o sinal tem de se situar acima do valor de *pico* para assim a acção ser validada. Como valores típicos para estes parâmetros considera-se dez milissegundos e cento e quarenta micro Volt, sendo que os intervalos onde estes se encontram admitem uma tolerância de até 400%, de acordo com as características individuais de cada utilizador, variando respectivamente entre 2,5ms e 40ms, e entre 35µV e 560µV, e com maior frequência, entre 3ms e 30ms, e entre 40µV e 400µV. A conjugação de dois pares destes valores permite a classificação diferenciada de fechos intencionais de olho direito ou esquerdo – mais próximo ou afastado do eléctrodo. Uma vez detectada a acção realizada, esta é mapeada em acções, por exemplo, de rato de computador – movimentos discretos ou cliques de botão esquerdo ou direito.

A arquitectura proposta conforme descrita na figura 3, consiste em um ou mais eléctrodos (8) que estão ligados a ao utilizador, tal como ilustrado através da figura 1. Estes eléctrodos encontram-se ligados a um equipamento (9), responsável pela sua aquisição e ligação a uma aplicação informática (10) hospedada em um qualquer computador pessoal. No ambiente onde a aplicação (10) é executada podem estar a ser executadas mais uma ou várias aplicações (11). Os dados adquiridos por esta ferramenta (10) são disponibilizados, através de uma arquitectura cliente\servidor através de uma rede de dados, por exemplo baseada em TCP\IP (13), podendo o sinal ser objecto de diversas utilizações. De entre estas salientam-se a possibilidade de armazenamento em uma ou mais bases de dados (12), acesso e processamento pelo algoritmo de classificação proposto e consequente mapeamento em acções de controlo e actuação (14) ou ainda acesso e processamento por entidades externas tendo outros fins, nomeadamente estatísticos ou de controlo de funcionamento, entre outros (15).

Uma característica importante da invenção proposta consiste na independência da arquitectura, figura 3, no que toca ao equipamento de recolha utilizado (8)(9), podendo este ser substituído desde que a colocação do eléctrodo activo respeite o posicionamento. De igual forma, o método de classificação proposto pode ser aplicado sem a necessidade da interposição da rede de dados (13), isto é, é possível a sua implementação directamente no equipamento responsável pela aquisição primária dos dados (9).

A principal aplicação industrial de um sistema capaz da detecção de fechos intencionais diferenciados de olhos do utilizador através da electromiografia é a emulação de dispositivos de interacção tradicionais, como um rato de computador, tendo como mercado alvo os utilizadores com limitações do ponto de vista físico tais como paraplégicos, tetraplégicos, amputados de membros superiores, sujeitos com paralisia cerebral, entre outros.

Não obstante esta aplicação primária, é possível a utilização deste tipo de tecnologia para a extensão das interfaces pessoa-computador tradicionais, para permitindo a sua utilização na indústria de videojogos, desenvolvimento de software; integração com aplicações de escritório (operações de copiar\colar, maximização\minimização de janelas; alternância entre aplicações; operações frequentes); permitindo interacção sem o uso dos membros.

Num exemplo de concretização, o primeiro passo para a recriação da invenção proposta consiste na identificação da zona a colocar o eléctrodo activo (2) no utilizador (1). Tal como é ilustrado na figura 1, o eléctrodo foi colocado directamente sobre a pele do utilizador na zona intermédia entre a orelha e um dos olhos, recaindo a escolha entre o olho direito ou esquerdo de acordo com a facilidade de controlo individual de cada olho por parte do sujeito. Caso o equipamento de recolha de dados possua um ou dois eléctrodos de referência, estes devem ser colocados nos lóbulos auriculares do utilizador (3), sem interferir com o seu campo visual. Uma vez que o equipamento (9) utilizado pelo inventor foi o Neurobit Lite™ EEG da Neurobit Systems™ com dois eléctrodos de referência, estes foram colocados tal como descrito. A leitura dos dados oriundos do equipamento – sinais eléctricos indicativos da actividade muscular – varia, do ponto de vista técnico, de acordo com o equipamento de aquisição a utilizar. Para o caso em análise, e tal como ilustrado na figura 3, o equipamento (9) possuía uma ligação de dados por infra-vermelhos com um computador pessoal, responsável pela leitura dos dados e consequente disponibilização (10) através de uma rede TCP\IP (13). Estes dados podem ser acedidos por entidades clientes com acesso a esta rede (14, 15). Entre estas entidades encontra-se a aplicação responsável pelo processamento e classificação de sinal (14).

Lisboa, 24 de Janeiro de 2008.

REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo para controlo e actuação por electromiografia **caracterizado por** compreender os seguintes elementos:
 - um ou mais eléctrodos activos(2) posicionados em local apropriado à detecção de actividade neuromuscular;
 - módulo de aquisição e disponibilização dos sinais obtidos (9, 10);
 - módulo para análise e decisão de accionamento de dispositivos ou sistemas externos (14).
2. Dispositivo para controlo e actuação por electromiografia de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** um ou dois eléctrodos activos (2) estarem posicionados em local apropriado à detecção de actividade neuromuscular do fechar intencional de olhos, no lado esquerdo, direito ou ambos da face.
3. Dispositivo para controlo e actuação por electromiografia de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** compreender um ou mais eléctrodos de referência (3), estando a sua localização definida na zona lobular de uma ou das duas orelhas do utilizador, consoante o número de eléctrodos.
4. Dispositivo para controlo e actuação por electromiografia de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** o accionamento de dispositivos externos serem acções de rato de computador, com movimentos discretos do cursor ou cliques esquerdos ou direitos de botão de rato.
5. Dispositivo para controlo e actuação por electromiografia de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** conter um módulo de comunicação (13, 14, 15), permitindo a actuação e controlo à distância.
6. Método para controlo e actuação por electromiografia de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** se considerar como intencional uma actuação por parte do utilizador, sempre que o sinal ultrapasse o valor de um parâmetro *pico* (6) e desde que durante mais tempo que o parâmetro *duração* (7), accionando-se dispositivos ou sistemas externos.

7. Método para controlo e actuação por electromiografia de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado por** os parâmetros de *pico* (6) e *duração* (7) estarem compreendidos respectivamente entre 2,5ms e 40ms, e entre 35µV e 560µV.
8. Método para controlo e actuação por electromiografia de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado por** os parâmetros de *pico* (6) e *duração* (7) estarem compreendidos respectivamente entre 3ms e 30ms, e entre 40µV e 400µV.
9. Método para controlo e actuação por electromiografia de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado por** o sistema descrito permitir a parametrização manual, ou dinâmica por via de programa de computador, dos parâmetros *pico* (6) e *duração* (7).
10. Método para controlo e actuação por electromiografia de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado por** se detectar o fecho intencional dos olhos do utilizador, através da localização apropriada dos eléctrodos activos.
11. Método para controlo e actuação por electromiografia de acordo com a reivindicação 6 e 10, **caracterizado por** se detectar o fecho diferencial intencional dos olhos do utilizador, pela comparação dos sinais correspondentes ao olho esquerdo e direito.
12. Método para controlo e actuação por electromiografia de acordo com a reivindicação 6 e 10, **caracterizado por** sobrepor a análise e decisão relativa ao fecho diferencial de olhos, caso o par complementar superior de *pico* (6) e *duração* (7) seja também ele respeitado – olho dominante mais perto do eléctrodo.
13. Método para controlo e actuação por electromiografia de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado por** o accionamento de dispositivos externos corresponder a acções de rato de computador, como são os movimentos discretos do cursor, os cliques esquerdos e direitos de botão de rato.

Lisboa, 24 de Janeiro de 2008.

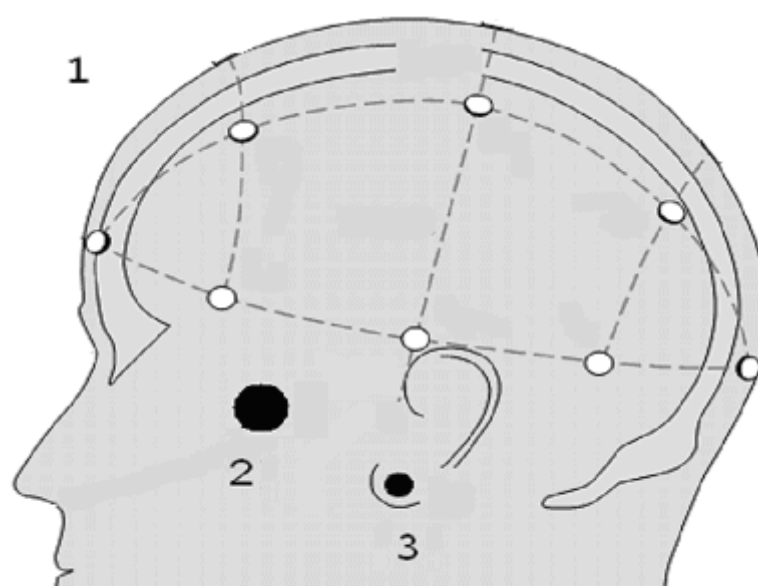


Figura 1

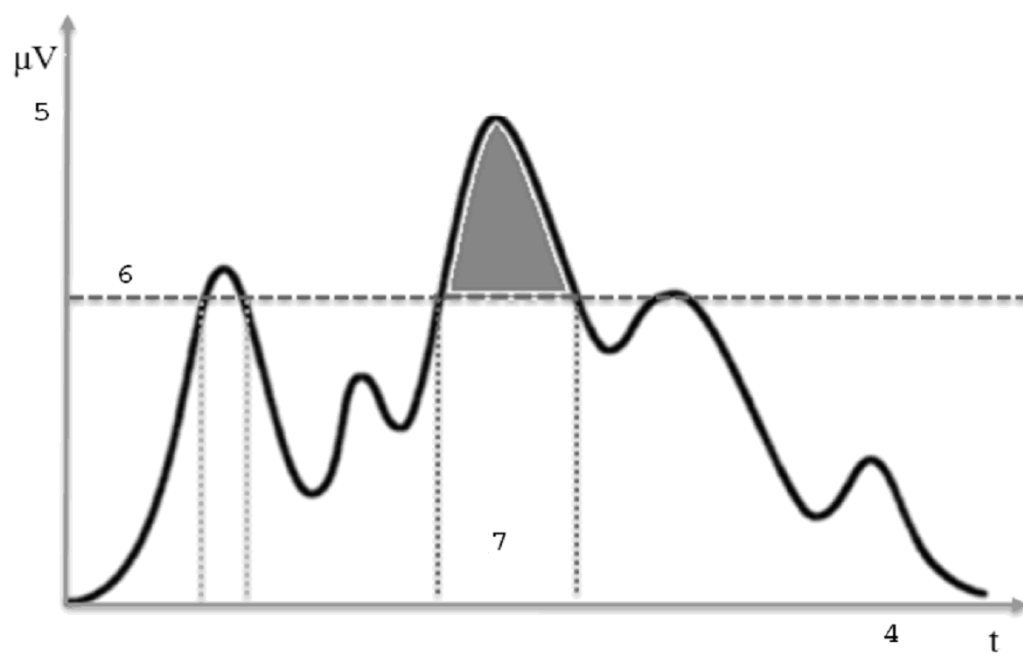


Figura 2

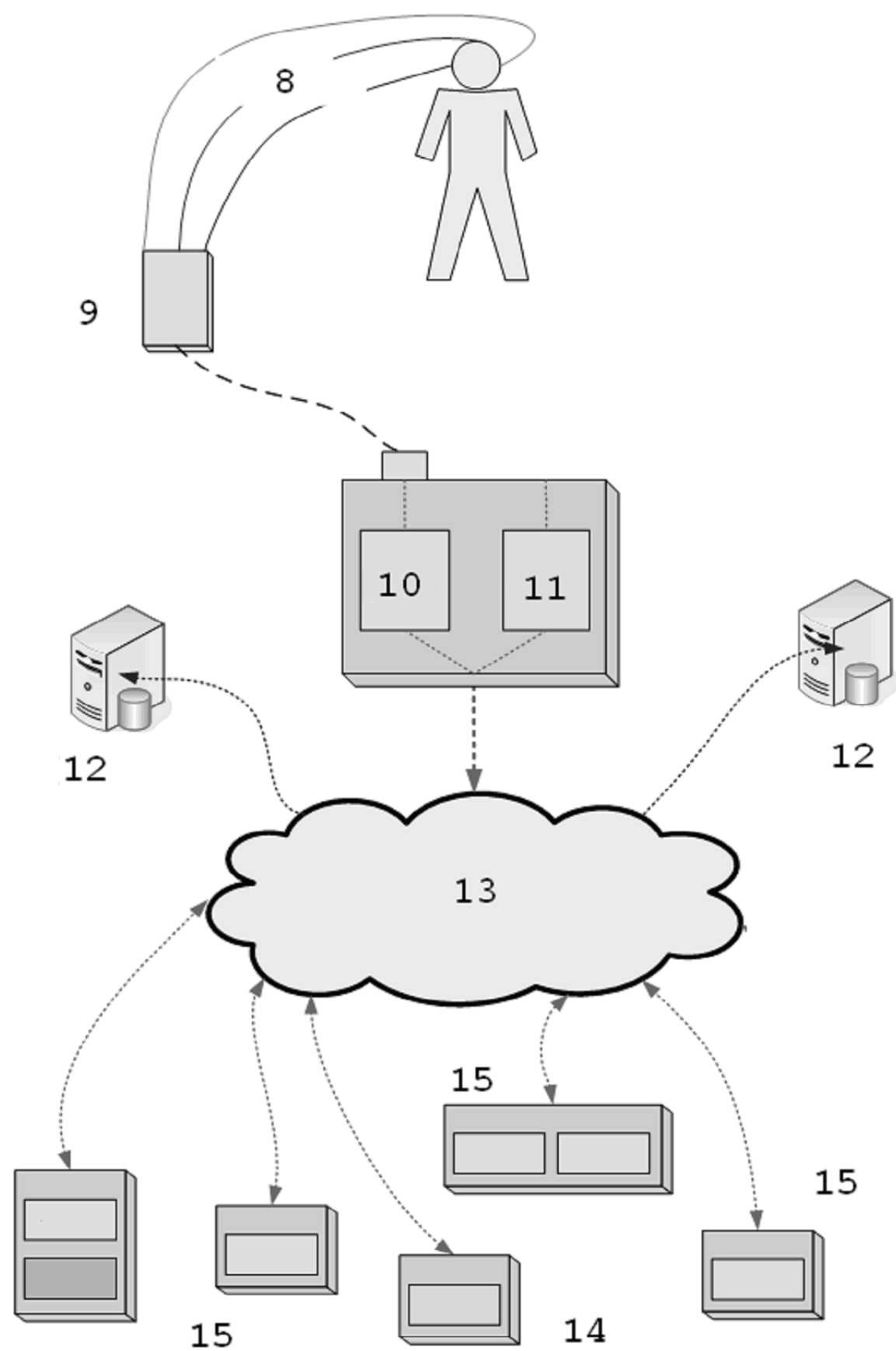


Figura 3

Texto Introdutório Apresentado aos Voluntários das Sessões Experimentais

Antes de mais gostaria de agradecer a sua presença e a sua disponibilidade para a realização desta sessão experimental.

O presente estudo visa, através da interacção entre três dispositivos diferentes e em funcionamento simultâneo, a captação de dados biométricos para proceder à sua posterior análise e tratamento. Os dados biométricos tratados neste trabalho incluem a actividade cerebral eléctrica, o ritmo cardíaco e a resistência da pele.

Esta sessão experimental é completamente indolor, não necessita de qualquer esforço físico ou psíquico e a sua duração será de aproximadamente trinta minutos.

Para garantir que os resultados obtidos vão de acordo com o estudo em causa, será realizado um pequeno questionário com o intuito de despistar possíveis entraves à realização desta sessão experimental.

(Após a realização do inquérito, e para o caso de nenhuma resposta ser afirmativa)

Para evitar quaisquer interferências com os dados biométricos obtidos (denominados artefactos), é necessária a remoção de objectos metálicos próximos do crânio como brincos, colares ou óculos, bem como relógios e pulseiras pela proximidade com os fios condutores conectados ao EEG (Electroencefalograma) resultando em possíveis interacções electromagnéticas.

Visto que a actividade cerebral é fortemente influenciada por movimentos musculares, é necessária a máxima imobilidade possível por parte do sujeito durante toda a sessão experimental. Para além disso, é requerido um elevado grau de concentração a fim de evitar divagar por pensamentos diversos dos que são directamente relacionáveis com a imagem apresentada.

Serão colocados três eléctrodos relativos ao Electroencefalograma, um para o oxímetro e uma fita ajustável com dois eléctrodos para o GSR (Galvanic Skin Response). Relativamente ao EEG, este dispositivo irá captar a actividade cerebral através da diferença de potencial detectada no crânio humano. Serão necessários dois eléctrodos de referência colocados nos dois lóbulos das orelhas, e um eléctrodo colocado entre a zona Frontal e a Central do crânio, na linha média. Irá ser aplicado um gel condutor em cada um dos eléctrodos para garantir uma boa condutividade eléctrica e a boa qualidade da actividade cerebral captada. No que respeita ao oxímetro, este dispositivo de medição será usado para determinar a variação da pulsação ao longo da sessão experimental. Através da emissão de luz infravermelha no dedo indicador do sujeito, e tendo em conta as características da hemoglobina, é possível também determinar a saturação do oxigénio. A aplicação deste sensor não necessita de qualquer gel condutor. Por fim o GSR cuja função é determinar a resistência ou condutividade da pele, será ligado à palma da mão através de uma fita ajustável constituída por dois eléctrodos secos.

Para além dos dispositivos de captação de dados atrás referidos, irá também ser necessária a utilização de um computador e dois monitores, um para a apresentação das imagens e outro para a monitorização em tempo real dos sinais biométricos captados. Os fios que interligam os

dispositivos foram reduzidos ao mínimo de forma a não intimidar ou causar qualquer tipo de receio da utilização dos mesmos, e assim deturpar os dados recolhidos.

A sessão começará por um período de relaxamento, que consistirá simplesmente em fechar os olhos durante aproximadamente dois minutos. Este período tem como objectivo, para além do relaxamento, a normalização da actividade cerebral e detecção de possíveis erros derivados da má colocação dos eléctrodos.

Após a preparação da sessão experimental terá início a apresentação de um conjunto de imagens, em número de sessenta. A apresentação é constituída, para além das imagens, por um quadro negro cuja função é relaxar e preparar o sujeito, e um quadro negro com uma cruz branca no centro de forma a cativar a atenção e concentração. Finalmente é apresentado o conjunto das sessenta imagens, cada uma das quais será visionada durante seis segundos, tal como os quadros negros iniciais.

O tratamento dos dados biométricos obtidos é puramente científico e é garantida toda a confidencialidade dos dados pessoais fornecidos.

A realização desta sessão experimental pressupõe a aceitação explícita por parte do sujeito de todas as informações e detalhes fornecidos para a sessão experimental bem como o tratamento dos dados biométricos recolhidos no âmbito deste trabalho.

Muito obrigado pela colaboração prestada.

Ficha de Controlo das Sessões Experimentais

Descrição da experiência	
Sessão:	
Data:	
Local:	- Instituição / outros: _____ - Morada: _____ - Contacto: _____ - Condições de temperatura, som e luminosidade: _____
Intervenientes:	- Nome: Jorge Filipe Teixeira - Função: Autor do estudo - Notas: _____ - Nome: _____ - Função: _____ - Notas: _____
Sujeito:	- Código: _____ - Data de nascimento: _____ - Sexo: Homem / Mulher - Destro / Esquerdino
Durações temporais da sessão:	- Início da sessão: ____h ____min - Período de repouso: _____ (em segundos) - Duração total da sessão do EEG: ____min ____seg - Duração total da sessão do oxímetro: ____min ____seg - Primeira imagem ____seg após o início da captura da actividade cerebral eléctrica através do EEG - Início da captura do batimento cardíaco ____seg após/antes o EEG - Início da captura da resistência eléctrica da pele ____seg após/antes o EEG

Ilustração 42 – Ficha de Controlo das Sessões Experimentais Página Um

Observações:
- Considera que esta sessão experimental atingiu o objectivo proposto, induzir estados emocionais distintos? - Apercebeu-se das fases distintas ao longo da sessão? - Notou ruídos durante a sessão? - Distraiu-se com o meio envolvente? A sua concentração manteve-se constante ao longo de toda a sessão? - Quais as imagens mais marcantes das que lhe foram apresentadas? - Comparativamente ao estado emocional neutro, considera que a indução das emoções foi mais eficiente para a alegria ou para a tristeza? - Tem alguma sugestão / comentário que gostaria de acrescentar?
Revisto/Aprovado por:

Ilustração 43 – Ficha de Controlo das Sessões Experimentais Página Dois