

3

VeeM: Um Modelo de Emoção para Personagens Virtuais

A modelagem e a animação realista de faces através de sistemas computacionais possuem vários e interessantes desafios. Um dos principais desafios da área está na modelagem precisa da anatomia facial buscando respeitar aspectos estruturais e funcionais. Isso envolve diversos problemas como a definição da representação geométrica da estrutura e do formato da face e a modelagem dos detalhes interiores e exteriores da face, como músculos, ossos e tecidos.

Uma vez modelada a estrutura facial, o desafio que se apresenta é o da animação almejando obter um resultado visual realista. O realismo está relacionado a uma animação facial convincente, onde o espectador percebe naturalidade nos movimentos dos componentes faciais, na expressão facial exposta e no sincronismo entre os movimentos e a fala da personagem, esta quando presente.

Como estabelecido em (EkFr75), humanos são altamente sensíveis a mensagens visuais enviadas voluntariamente ou involuntariamente pela face. Conseqüentemente, a animação facial necessita de algoritmos específicos capazes de renderizar com um alto grau de realismo as características naturais do movimento.

Para se ter o resultado desejado em uma animação facial, além da modelagem cautelosa da estrutura facial e de uma precisão para geração da animação, é desejável ter um modelo de emoção robusto capaz de gerar o maior número de expressões faciais possíveis. Esta tese tem como um dos seus principais objetivos fazer uma releitura, e conseqüente generalização, de um modelo de emoção sólido a fim de gerar emoções derivadas e poder visualizar expressões faciais consistentes e realistas na animação final de uma personagem virtual. Como já comentado no Capítulo 1, é importante frisar que a tese não tem o intuito de buscar um modelo cognitivo de emoções, mas sim um modelo onde representações de emoções são conectadas a representações de expressão com a finalidade de criar personagens virtuais convincentes.

Este capítulo propõe um modelo de emoção denominado *VeeM* (*Virtual emotion-to-expression Model*) e descreve o conceito de hiper-cubo emocional associado ao *VeeM*. A Seção 3.1 apresenta o esquema de classificação para

emoções definidas através de eixos. Em seguida, a Seção 3.2 explica como as emoções puras são combinadas para geração de emoções derivadas. A Seção 3.3 apresenta detalhadamente o *VeeM*. Em seguida, a Seção 3.4 propõe uma taxonomia para as emoções derivadas. A Seção 3.5 descreve como fenômenos afetivos (personalidade, humor etc.) são incorporados no modelo proposto, enquanto que a Seção 3.6 explica como é feita a composição de emoções para geração de expressões faciais a serem visualizadas. Por fim, a Seção 3.7 analisa o *VeeM* segundo a parametrização ideal para os sistemas de animação facial apresentada na Seção 1.3.

3.1

Esquema de Classificação de Emoção em Eixos Bipolares

Levando em consideração os modelos de emoção existentes e apresentados no Capítulo 2, o modelo proposto por Robert Plutchik (1927–2006) é um modelo bem difundido, sendo o seu círculo emocional considerado como capaz de expressar praticamente todos os estados emocionais de um ser humano, como ilustra a Figura 3.1¹. Como já comentado, esse modelo é uma extensão do modelo pioneiro de Ekman e muitos sistemas de animação facial fazem uso de um desses dois modelos de emoção ou de alguma variação deles.

A combinação de emoções básicas é uma abordagem adequada para personagens virtuais falantes (chamados de *virtual talking characters* ou *virtual talking heads*). Vale observar que não há intenção neste trabalho de encontrar a natureza real das emoções, e sim de simular personagens emocionais virtuais 3D associados ou não com a fala. Sendo assim, o modelo emocional para personagens virtuais proposto nesta tese, chamado *VeeM* (*Virtual emotion-to-expression Model*), é formado por um esquema de descrição de emoções e um procedimento de composição (representação) de expressão facial.

O esquema de descrição proposto é aplicado sobre emoções básicas (puras), dispostas através de eixos emocionais. A graduação em cada um desses eixos representa os diferentes níveis de intensidades das emoções básicas. Como comentado anteriormente, esse esquema é uma releitura e uma generalização para a representação do círculo de Plutchik (Plut62).

Define-se uma *família de emoções*, denotada por F_i , como sendo o conjunto de emoções composto pelos diferentes níveis de intensidade de uma dada emoção básica E_i . As emoções básicas constituem as emoções da família com valor de intensidade igual a 1. A emoção natural (estado de neutralidade) é representada pelo valor de intensidade 0 de emoção.

¹Figura retirada do site <http://www.fractal.org/Bewustzijns-Besturings-Model/Nature-of-emotions.htm> (acesso em 21/Nov/2007).

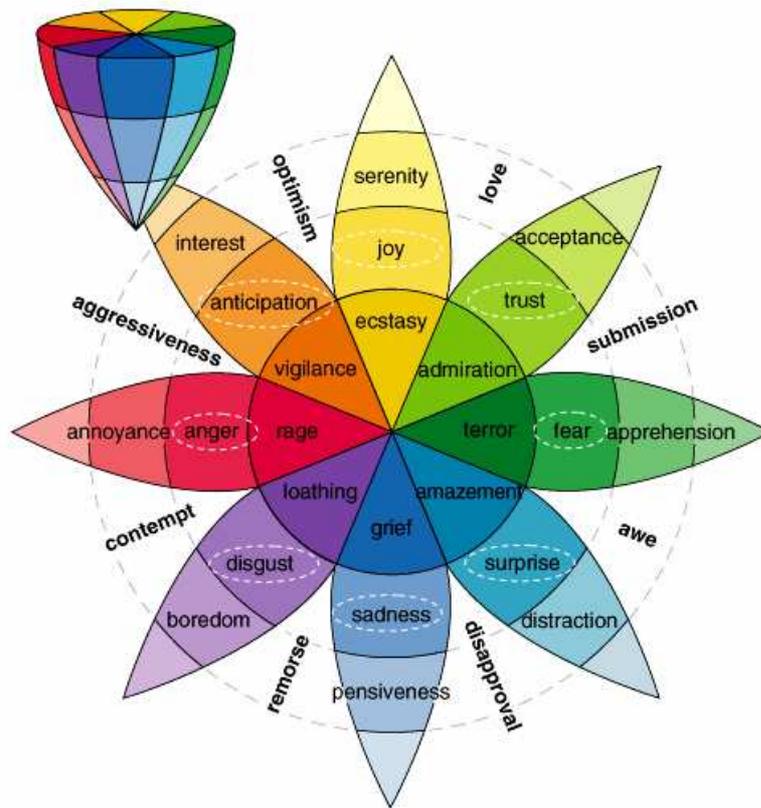


Figura 3.1: Visualização completa do círculo de Plutchik.

A partir do conceito de famílias de emoções, escolhe-se um par de famílias de emoções opostas (segundo Plutchik) para constituir um eixo de emoções bipolares. O nível de intensidade para uma dada emoção sob o eixo e é dado por $\alpha_e \in [-\gamma, +\gamma]$, com $|\gamma| \geq 1$; sendo a emoção básica da família mapeada no valor $+1$ e a sua emoção oposta mapeada em -1 , passando pela emoção natural (ou neutra) no 0 . A Figura 3.2 ilustra a configuração de famílias de emoções para um único eixo e considerando dois eixos de emoção (os eixos de emoção são denotados da forma usual: eixo x , eixo y etc.).

3.2 Combinação de Emoções Puras para Geração de Emoções Derivadas

Segundo Plutchik (Plut62), uma emoção básica pode ser misturada com outra emoção básica se e somente se elas não forem opostas. No entanto, como pode ser observado na Figura 3.1 a sua representação só prevê a combinação de emoções em eixos adjacentes.

No *VeeM*, as combinações de emoções para personagens virtuais podem também ser tratadas como uma operação de dois termos (Plutchik chama essa operação de “*dyad*”(grupo de dois)). No entanto, o modelo é genérico, permi-

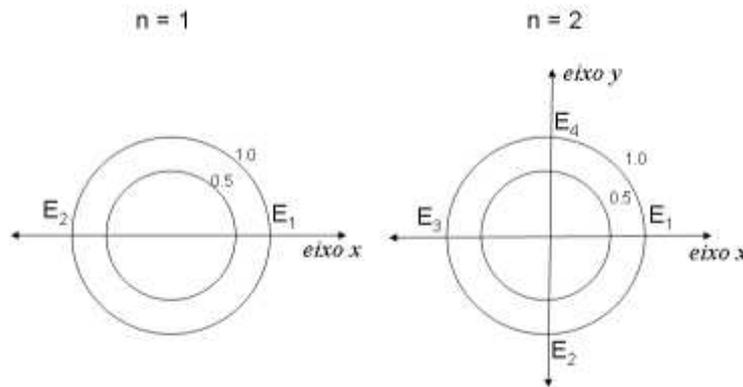


Figura 3.2: Configuração para emoções opostas.

tindo que o número de termos para gerar emoções derivadas seja estendido de acordo com a dimensão do esquema de configuração de eixos adotada para o modelo, como explicado mais adiante.

Uma vez que uma dada emoção pura pode ser combinada com outra emoção pura (que não sua oposta), observa-se que a combinação de duas emoções é uma operação simétrica ou comutativa ($E_i + E_j = E_j + E_i$, com $i \neq j$). A Figura 3.3 ilustra os esquemas de possíveis combinações binárias de emoções puras.

Dadas duas emoções básicas E_i e E_j , localizadas em eixos diferentes (no caso, eixo i e eixo j , respectivamente), a combinação delas é definida pelos valores de intensidade α_i e α_j dos eixos emocionais a que elas pertencem. Adicionalmente, a combinação E_i e E_j define uma área limitada (espectro contínuo) de emoções derivadas, chamada de “setor da emoção derivada E_{ij} ”, ilustrado na Figura 3.3 (item b).

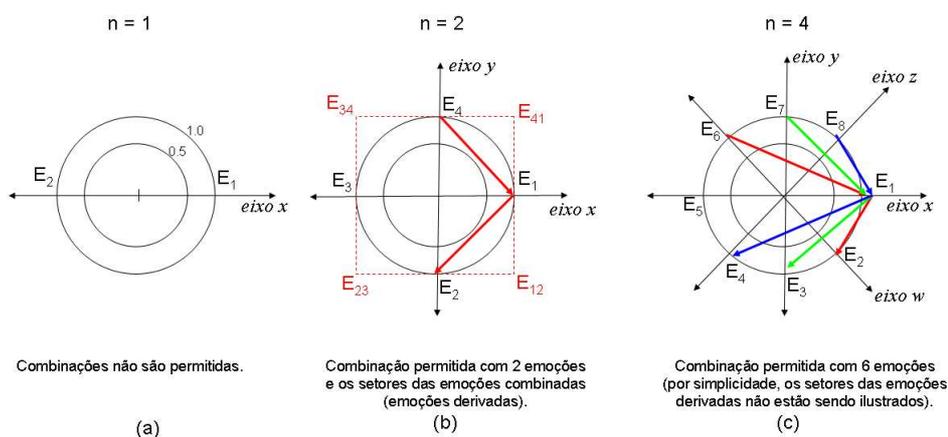


Figura 3.3: Combinações de emoções.

Como comentado anteriormente e ilustrado na Figura 3.1, Plutchik considerou a geração de emoções derivadas apenas para emoções puras “vizinhas” (adjacentes) em seu círculo emocional. O VeeM permite a geração das emoções

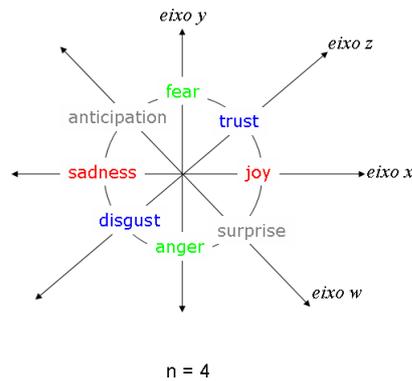


Figura 3.4: Emoções básicas nos eixos do VeeM.

derivadas para famílias definidas em qualquer eixo: por exemplo, $E1 + E3$ e $E1 + E4$ na configuração com 4-eixos, como ilustra a Figura 3.3 (item c).

Outra diferença entre o VeeM e o círculo emocional de Plutchik está no sentido de crescimento das intensidades das emoções. No modelo de Plutchik a intensidade aumenta da periferia do círculo para o centro, enquanto no VeeM o aumento ocorre no sentido inverso.

Combinando os eixos de emoções dois a dois fica sistemático propor uma taxonomia para combinações de emoções desenhada sobre o trabalho de Plutchik (Plut62) (Plut80). No entanto, é necessária uma interpretação semântica diferente para algumas das combinações definidas por Plutchik. Essa taxonomia é discutida na Seção 3.4. Antes, porém, é introduzido o conceito de hipercubo emocional, base para a definição das emoções derivadas.

3.3

O Hipercubo Emocional para o VeeM

O VeeM baseia-se no círculo emocional de Plutchik e, conseqüentemente, nas oito emoções básicas definidas nesse modelo. Tem-se assim a composição de quatro eixos de emoções opostas representados pelos eixos x , y , z e w . O modelo proposto nesta tese pode ser estendido para mais de quatro eixos: a restrição está na existência de duas emoções puras (básicas) opostas que definam um novo eixo.

A Figura 3.4 ilustra as oito emoções básicas sobre os quatro eixos de emoções opostas, enquanto que a Tabela 3.1 descreve a semântica dessas emoções². É importante esclarecer que trabalhando apenas com um eixo de emoções básicas no VeeM, essas estariam definidas sobre o eixo x e seriam *joy* (alegria) e *sadness* (tristeza).

²A maioria das interpretações foram retiradas do site: <http://en.wikipedia.org/wiki/Emotion> e do dicionário Aurélio (www.aureliopositivo.com.br/) (acesso em 06/Out/2007).

Tabela 3.1: Semântica das emoções puras.

Emoção Pura	Conceituação
alegria (<i>joy</i>)	Caracterizada por sentimentos de agrado, gratidão e satisfação. Estados associados com alegria são: bem-estar, encanto, paz interior, saúde, segurança e contentamento.
surpresa (<i>surprise</i>)	Emoção relacionada com algo que surpreende, por exemplo, um acontecimento imprevisto ou um prazer inesperado.
raiva (<i>anger</i>)	Emoção relacionada ao ódio, à ira e ao rancor. Um sentimento que toma conta do ser humano quando ele é contrariado por algo ou alguém.
repugnância (<i>disgust</i>)	Emoção que está tipicamente associada com coisas que são percebidas como sujas, “incomíveis” ou infecciosas. É um sentimento de incompatibilidade, aversão e nojo.
tristeza (<i>sadness</i>)	É o oposto de alegria. Normalmente está associada com depressão, sofrimento ou dor.
antecipação (<i>anticipation</i>)	Ato ou efeito de antecipar-se (chegar antes a algum lugar ou precipitar-se em relação a alguém ou a algum acontecimento).
medo (<i>fear</i>)	Sentimento de grande inquietação ante à noção de um perigo real ou imaginário, de uma ameaça; susto, pavor, temor, terror. O medo é um mecanismo de sobrevivência, e usualmente ocorre como resposta a um estímulo negativo específico.
confiança (<i>trust</i>)	Segurança e bom conceito que inspiram as pessoas de probidade, talento, discrição etc.

A releitura que é proposta sobre o círculo de emoções de Plutchik consiste em observar que é possível considerar cada um dos eixos de emoção como sendo um eixo do espaço R^n , sendo n a quantidade de eixos de emoções considerada. Assumindo também que o intervalo de intensidades α_i válidas para cada eixo i é $\alpha_i \in [-\gamma, +\gamma]$, com $|\gamma| \geq 1$, obtém-se um *hipercubo emocional de dimensão n* . Como já comentado, o valor de α_i igual a 1 corresponde à emoção pura, enquanto o valor -1 corresponde à emoção pura oposta. Valores maiores que 1 ou menores que -1 geram uma extrapolação da emoção (por exemplo, êxtase em relação à alegria, grande pesar em relação à tristeza etc.). Já os valores de $\alpha_i \in (-1, +1)$ resultam em uma aproximação da emoção para a naturalidade.

Segue dessa observação que o espaço adequado para a descrição de emoções a ser adotado para o VeeM é um hipercubo de dimensão 4, $H = [-\gamma, +\gamma] \times [-\gamma, +\gamma] \times [-\gamma, +\gamma] \times [-\gamma, +\gamma]$. Desse modo, uma dada emoção é descrita por um vetor de intensidades $\vec{v} = (\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z, \alpha_w)$. Utilizando a base

canônica tem-se:

$$\vec{v}_x = (1, 0, 0, 0),$$

$$\vec{v}_y = (0, 1, 0, 0),$$

$$\vec{v}_z = (0, 0, 1, 0) \text{ e}$$

$$\vec{v}_w = (0, 0, 0, 1).$$

A escolha do espaço de emoções como sendo um hiper cubo emocional permite que a descrição de emoções derivadas seja simples. No caso das combinações binárias abordadas por Plutchik, para descrevê-las basta incluir a restrição que dois valores de α sejam iguais a zero ($\alpha_i = \alpha_j = 0$ para um par i, j de eixos). Essa observação leva naturalmente a uma classificação completa das emoções derivadas de combinações binárias pela projeção do hiper cubo nos planos canônicos³.

Vale observar que a modelagem do espaço de descrição de emoções como sendo um hiper cubo emocional permite também que emoções sejam combinadas 3 a 3 (isso equivale a ter 3 valores de α_i diferentes de zero) ou mesmo 4 a 4. Apesar do *VeeM* oferecer essa flexibilidade, como não há uma literatura disponível sobre a combinação de mais que duas emoções, este trabalho restringe-se a classificar as combinações binárias de emoções puras.

3.4

Taxonomia das Emoções Derivadas a partir da Combinação Binária de Emoções Puras

Como comentado anteriormente, emoções puras podem ser combinadas duas a duas para definição de emoções derivadas nos eixos do hiper cubo de descrição de emoções. Dois eixos definem um plano de emoções derivadas, onde cada plano contém quatro setores.

Os seis planos gerados pela combinação de quatro eixos tomados dois a dois são apresentados a seguir. Para cada plano, seus setores são apresentados juntamente com as interpretações semânticas para as emoções derivadas. É importante mencionar que para cada setor é rotulada apenas a emoção derivada que corresponde à combinação das duas emoções puras, cada uma assumindo o módulo da intensidade igual a 1 ($|\alpha_i| = 1$). Cabe também salientar que o hiper cubo emocional é usado apenas para descrição da emoção da personagem em um dado instante de tempo, o procedimento para composição de expressão facial a partir da emoção descrita é apresentado na Seção 3.6.

Como é possível observar na Figura 3.1 e nas figuras que ilustram cada plano (com seus setores) no restante desta seção, as intensidades das

³Maiores informações sobre a definição de hiper cubo e base canônica podem ser encontradas, respectivamente, nos sites <http://en.wikipedia.org/wiki/Hypercube> e http://en.wikipedia.org/wiki/Canonical_basis (acesso em 21/Nov/2007).

emoções puras são consideradas como gradações das emoções e recebem nomes (“rótulos”). Plutchik considerou apenas duas gradações para cada emoção pura: uma extrapolação do seu valor original e um valor intermediário entre o estado de neutralidade e a emoção em questão. O VeeM permite uma granularidade maior na definição das gradações, através do parâmetro α_i , comentado anteriormente. A seguir são detalhadas as gradações para as oito emoções básicas.

1. alegria (*joy*):

- êxtase (*ecstasy*): alegria intensa, euforia, encanto excessivo.
- serenidade (*serenity*): alegria contida, calma, tranqüila.

2. surpresa (*surprise*):

- espanto (*amazement*): sensação muito forte de surpresa.
- distração (*distraction*): relacionado à desatenção, a estar alheio.

3. raiva (*anger*):

- fúria (*rage*): exaltação da raiva.
- aborrecimento (*annoyance*): raiva mais branda, sensação de contrariedade.

4. repugnância (*disgust*):

- asco (aversão, nojo) (*loathing*): repugnância muito elevada, muito próximo ao ódio.
- tédio (*boredom*): repugnância menos intensa, relacionada a um fastio, desgosto.

5. tristeza (*sadness*):

- pesar (luto, dor) (*grief*): tristeza muito forte, sensação de desgraça.
- melancolia (*pensiveness*): sensação de depressão, de tristeza indefinida.

6. antecipação (*anticipation*):

- vigilância (*vigilance*): antecipação em excesso; cautela, precaução.
- interesse (*interest*): demonstração de atenção, alerta.

7. medo (*fear*):

- terror (*terror*): estado de grande pavor (medo).
- apreensão (*apprehension*): sensação de cisma, receio, preocupação.

8. confiança (*trust*):

- admiração (*admiration*): confiança excessiva.
- aceitação (*acceptance*): acolhimento, receptividade.

3.4.1

Plano *xy*: Alegria-Tristeza combinado com Medo-Raiva

O plano *xy* representa as emoções derivadas a partir da combinação de alegria/tristeza com medo/raiva. A Figura 3.5 ilustra os setores e emoções desse plano, enquanto que a enumeração seguinte conceitua cada emoção derivada.

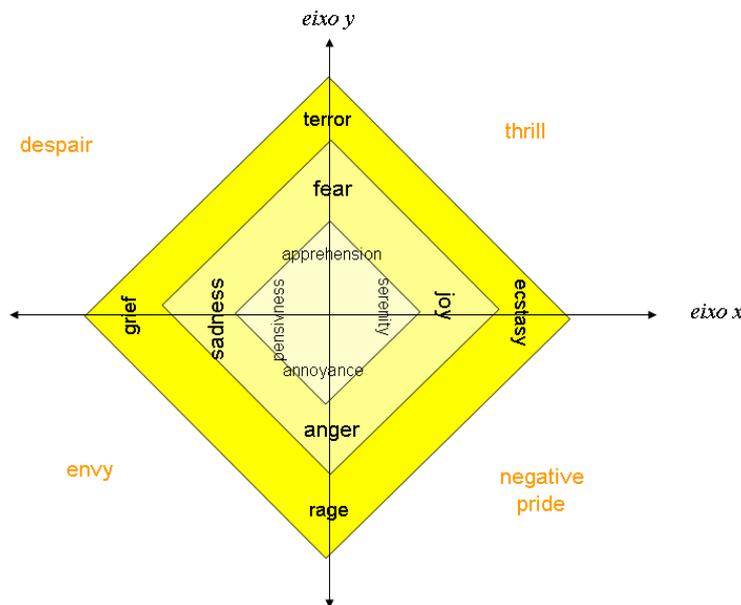


Figura 3.5: Emoções do plano *xy*.

1. tremor (vibração, arrepio) (*thrill*)

- setor: alegria e medo.
- conceituação: tremor resultante de frio, medo, calafrio, horripilação.

2. orgulho negativo (*negative pride*)

- setor: alegria e raiva.
- conceituação: conceito elevado ou exagerado de si próprio; amor-próprio demasiado; soberba.

3. desespero (*despair*)

- setor: tristeza e medo.

- conceituação: emoção presente quando a pessoa perde a esperança de alcançar algo que desejava.

4. inveja (*envy*)

- setor: tristeza e raiva.
- conceituação: desgosto ou pesar pelo bem ou pela felicidade de outrem.

3.4.2

Plano xz : Alegria-Tristeza combinado com Confiança-Repugnância

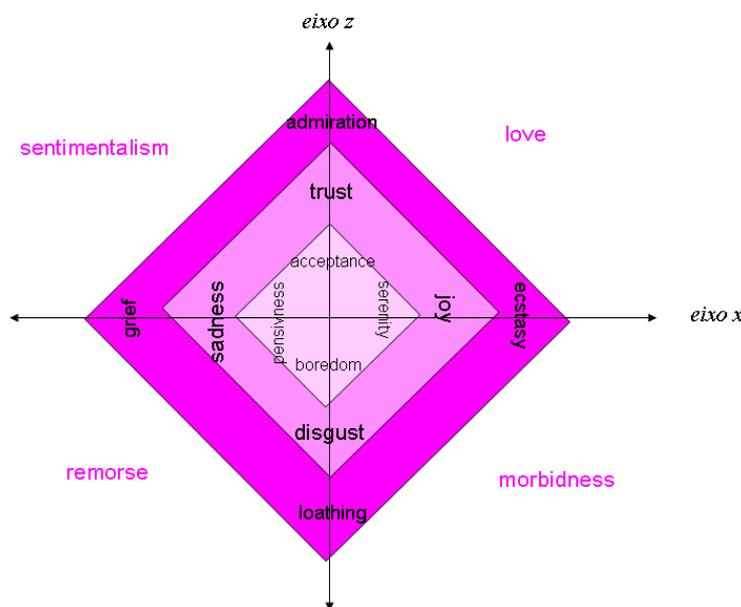


Figura 3.6: Emoções do plano xz .

O plano xz representa as emoções derivadas a partir da combinação de alegria/tristeza com confiança/repugnância. A Figura 3.6 ilustra os setores desse plano com suas emoções, sendo seguida da conceituação para cada emoção derivada.

1. amor (*love*)

- setor: alegria e confiança.
- conceituação: sentimento intenso de afeição relacionado à lealdade.

2. morbidez (*morbidity*)

- setor: alegria e repugnância.
- conceituação: qualidade ou caráter de sadismo, também relacionado a um abatimento ou esgotamento de forças.

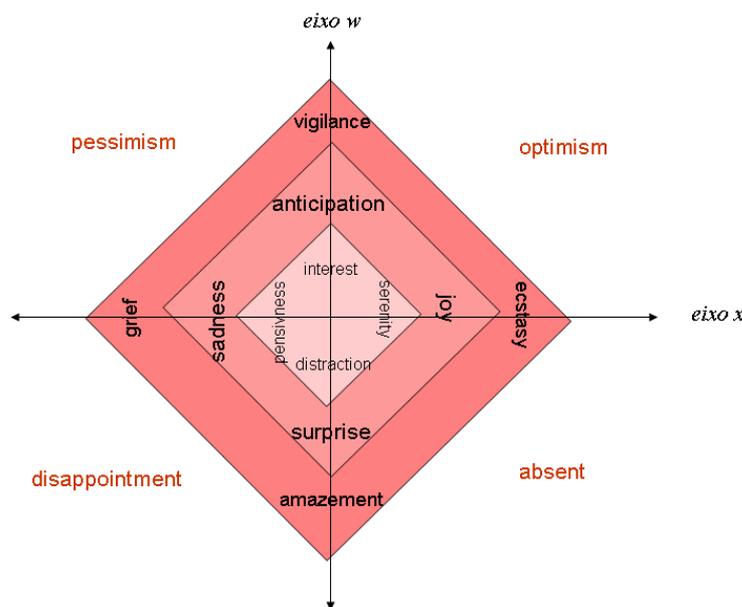
3. sentimentalismo (*sentimentalism*)

- setor: tristeza e confiança.
- conceituação: emoção presente quando a pessoa se deixa comover com facilidade; sensível ao extremo.

4. remorso (*remorse*)

- setor: tristeza e repugnância.
- conceituação: arrependimento, expressão emocional de desapontamento pessoal, isto é, emoção sentida pela própria pessoa depois dela ter magoado alguém. O remorso é próximo ao sentimento de culpa e de ressentimento.

3.4.3

Plano xw : Alegria-Tristeza combinado com Antecipação-SurpresaFigura 3.7: Emoções do plano xw .

O plano xw representa as emoções derivadas a partir da combinação de alegria/tristeza com antecipação/surpresa. A Figura 3.7 ilustra os setores desse plano com suas emoções, enquanto que a enumeração seguinte conceitua cada emoção derivada.

1. otimismo (*optimism*)

- setor: alegria e antecipação.

- conceituação: atitude em face dos problemas humanos ou sociais que consiste em considerá-los passíveis de uma solução global positiva, do que pode resultar uma atitude geral ativa e confiante.

2. distração (*absent*)

- setor: alegria e surpresa.
- conceituação: emoção relacionada a uma desatenção com algo bom que está acontecendo.

3. pessimismo (*pessimism*)

- setor: tristeza e antecipação.
- conceituação: é uma disposição de espírito que leva o indivíduo a encarar tudo pelo lado negativo, a esperar de tudo o pior.

4. desapontamento (*disappointment*)

- setor: tristeza e surpresa.
- conceituação: sentimento relacionado a um sucesso desagradável, algo que surpreendeu, causando decepção ou desilusão.

3.4.4

Plano yz : Medo-Raiva combinado com Confiança-Repugnância

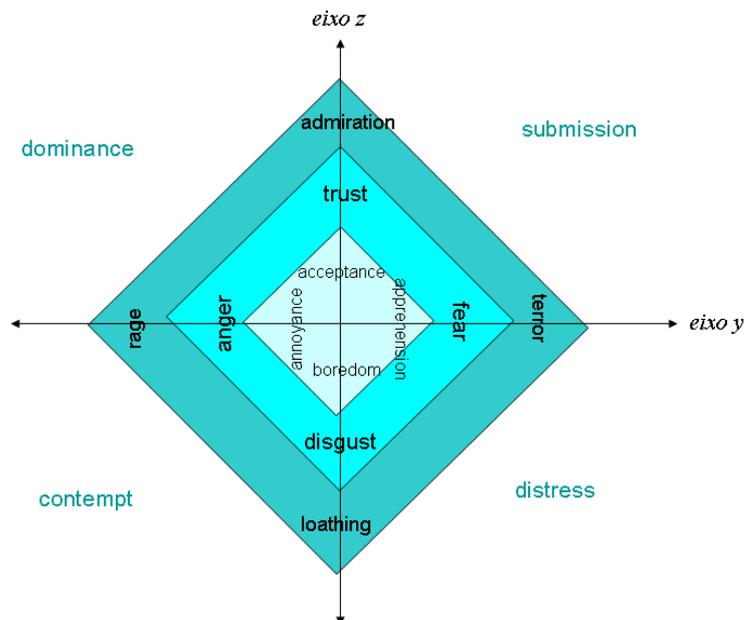


Figura 3.8: Emoções do plano yz .

O plano yz representa as emoções derivadas a partir da combinação de medo/raiva com confiança/repugnância. A Figura 3.8 ilustra os setores desse

plano com suas emoções, enquanto que a enumeração seguinte conceitua cada emoção derivada.

1. submissão (obediência) (*submission*)
 - setor: medo e confiança.
 - conceituação: sentimento presente quando algo se submete a uma autoridade, a uma lei ou a uma força. Está relacionado à subordinação.
2. aflição (*distress*)
 - setor: medo e repugnância.
 - conceituação: próximo ao estado de fobia de algo, o indivíduo reage a alguma coisa ou a alguém com medo e aversão (enojado).
3. dominância (*dominance*)
 - setor: raiva e confiança.
 - conceituação: emoção que expressa uma influência maior sobre o lado dominado.
4. desprezo (*contempt*)
 - setor: raiva e repugnância.
 - conceituação: emoção presente quando há uma falta de apreço; desconsideração ou desdém.

3.4.5

Plano *yw*: Medo-Raiva combinado com Antecipação-Surpresa

O plano *yw* representa as emoções derivadas a partir da combinação de medo/raiva com antecipação/surpresa. A Figura 3.9 ilustra os setores desse plano com suas emoções, enquanto que a enumeração seguinte conceitua cada emoção derivada.

1. ansiedade (*anxiety*)
 - setor: medo e antecipação.
 - conceituação: sensação de receio e de apreensão, sem causa evidente, e a que se agregam fenômenos somáticos como taquicardia, sudorese etc.
2. espanto (*awe*)
 - setor: medo e surpresa.

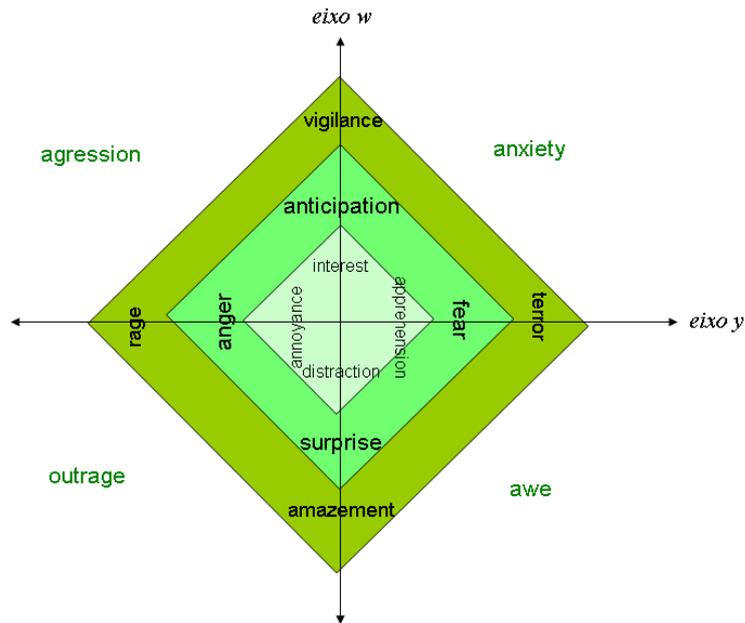


Figura 3.9: Emoções do plano yw .

- conceituação: sentimento relacionado a sobressalto, susto ou medo.

3. agressão (*agression*)

- setor: raiva e antecipação.
- conceituação: refere-se a um comportamento que pretende causar dano, dor ou humilhação. A agressão pode ser tanto física quanto verbal.

4. insulto (*outrage*)

- setor: raiva e surpresa.
- conceituação: emoção presente quando a pessoa recebe alguma injúria ou ofensa.

3.4.6

Plano zw : Confiança-Repugnância combinado com Antecipação-Surpresa

O plano zw representa as emoções derivadas a partir da combinação de confiança/repugnância com antecipação/surpresa. A Figura 3.10 ilustra os setores desse plano com suas emoções, enquanto que a enumeração seguinte conceitua cada emoção derivada.

1. orgulho positivo (*positive pride*)

- setor: confiança e antecipação.

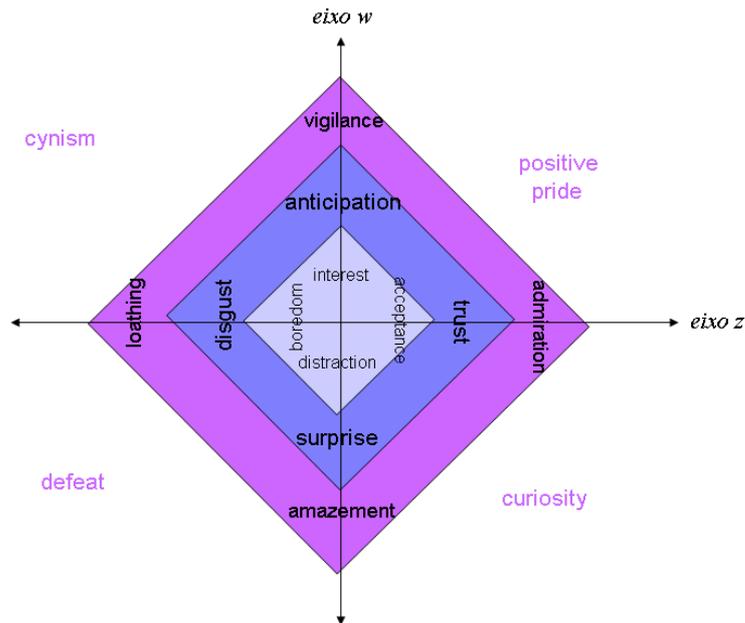


Figura 3.10: Emoções do plano zw.

- conceituação: conceito elevado ou exagerado de si próprio; amor-próprio demasiado; otimismo.

2. curiosidade (*curiosity*)

- setor: confiança e surpresa.
- conceituação: desejo de ver, saber, informar-se, desvendar, alcançar etc.; demonstração de interesse.

3. cinismo (*cynism*)

- setor: repugnância e antecipação.
- conceituação: emoção relacionada à imprudência, falta de vergonha, desfaçatez e descaramento.

4. frustração (*defeat*)

- setor: repugnância e surpresa.
- conceituação: sentimento relacionado a uma decepção inesperada.

3.5

Incorporação de Fenômenos Afetivos e Expressões Não-Verbais

Como já comentado, a emoção final que um ser humano sente e expressa, na maioria das vezes, não depende apenas de uma combinação de emoções puras. Aspectos como personalidade, humor, ambiente físico em que se encontra, entre outros, interferem na emoção expressada. Neste trabalho, esses aspectos são denominados “fenômenos afetivos”. É justamente devido aos fenômenos afetivos que diferentes pessoas vivenciam suas emoções de forma particular mesmo quando submetidas à mesma situação (mesmos estímulos).

A Figura 3.11 esquematiza esse conceito. Na figura, os fatos são os estímulos que dão origem a emoções na sua forma pura (forma original). Essas emoções são a entrada para o hiper-cubo emocional, a fim de gerar uma emoção resultante. É desejável, no entanto, que no cálculo da emoção resultante sejam levadas em consideração as características individuais (como a personalidade) e o estado de espírito (como humor, o contexto em que se encontra o indivíduo).

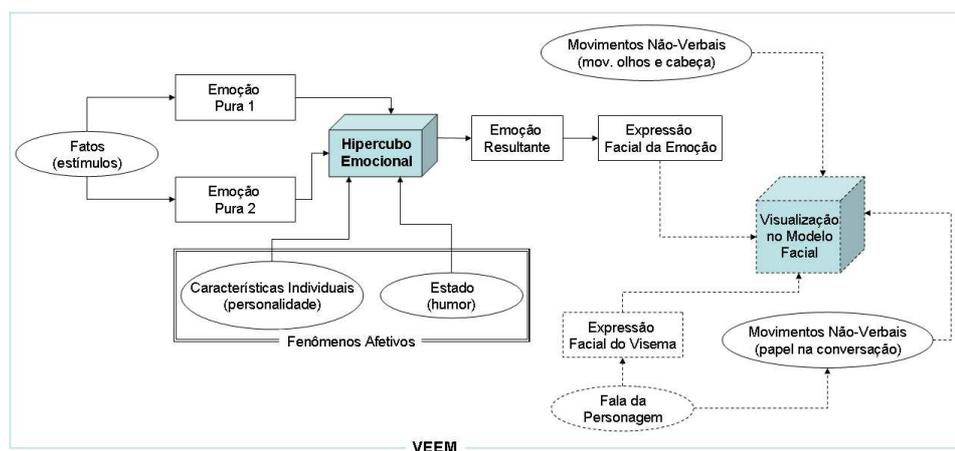


Figura 3.11: Esquematização do VeeM.

Para modelar a influência da personalidade, assume-se que as emoções puras são definidas para uma personalidade “normal” (neutra ou universal). A personalidade de cada ser humano é então representada como uma distorção (deformação) dos eixos que representam as emoções para a personalidade “normal”. A distorção gera, como resultado, uma deformação do espaço de emoções, próprio para cada indivíduo. A partir da distorção da personalidade é possível modelar o fato de pessoas submetidas à mesma situação vivenciarem emoções, muitas vezes, completamente diferentes ou com diferentes intensidades.

Os fenômenos afetivos relacionados ao estado de um indivíduo (humor, ambiente físico em que se encontra etc.) podem ser modelados como funções

monótonas crescentes. A função para cada fenômeno afetivo é aplicada sobre o valor da intensidade da emoção que está sendo sentida, resultando em uma nova intensidade. Basicamente, uma função monótona (ou monotônica) crescente é caracterizada por preservar a ordem, onde dados $x, y \in R$ com $x \geq y$ e uma função f qualquer, tem-se que $f(x) \geq f(y)$.

Generalizando, o estímulo de um determinado fenômeno afetivo de estado é caracterizado pela função $f : [-\gamma, 0) \rightarrow [-\gamma, 0)$, onde $[-\gamma, 0)$ corresponde ao intervalo de definição das emoções básicas negativas (aquelas que possuem valor negativo nos eixos das emoções básicas), ou pela função $f : [0, \gamma] \rightarrow [0, \gamma]$, onde $[0, \gamma]$ corresponde ao intervalo de definição das emoções básicas não negativas (aquelas que possuem valor não negativo nos eixos das emoções básicas)⁴. Matematicamente, tem-se: $\tilde{\alpha}_i = f_i(\alpha_i)$, onde $\tilde{\alpha}_i$ é o novo valor da intensidade da emoção após a aplicação do estímulo e i é um dos possíveis eixos do hiper-cubo emocional ($i = x, y, z, w$).

Essa abordagem é bastante genérica e capaz de modelar alterações de percepção da emoção “normal” (sem um fenômeno afetivo presente) de forma abrangente. A função resultante é formada pela composição das funções que modelam os fenômenos afetivos. O ponto de maior dificuldade está em especificar qual função melhor modela o estímulo de cada fenômeno afetivo. O humor, por exemplo, caracteriza-se por agir em tempo finito. Um indivíduo pode ter variações do humor ao longo do dia, e essas variações podem ser curtas ou mais longas (passar o dia com um mesmo humor). De forma análoga ao humor, o ambiente físico que um ser humano encontra-se pode ser modelado por uma função. É possível pensar que se a pessoa estiver em um ambiente menos formal o estímulo tende a ser $\tilde{\alpha}_i > \alpha_i$, amplificando a emoção sentida. Por outro lado, se o indivíduo estiver em um ambiente mais formal, o valor da função que modela o estímulo será $\tilde{\alpha}_i < \alpha_i$, retraindo a emoção.

Este trabalho não incorpora ao *VeeM* modelos já existentes para trabalhar com humor e personalidade, como, por exemplo, os modelos de humor de Picard ou de Thayer e o modelo de personalidade *Big Ocean* (apresentados na Seção 2.4). A decisão de não incorporar um modelo já definido é decorrente da proposta de ter um modelo genérico para geração de expressões faciais apenas tendo como base as oito emoções puras do Plutchik e suas derivações. No entanto, como trabalho futuro, pode ser interessante o desenvolvimento de um estudo para verificar alternativas de incorporação de outros modelos de fenômenos afetivos ao *VeeM*.

Retornando à Figura 3.11, a emoção resultante deve então ser mapeada

⁴A separação dos domínios da função tem como objetivo evitar a inversão de uma emoção com base em um fenômeno.

em uma expressão facial para um determinado modelo de face. Conforme explicado no próximo capítulo, esta tese adota o modelo de face padronizado pelo MPEG-4. No entanto, a emoção não é a única expressão percebida em uma animação facial, pois outros movimentos também devem ser percebidos, como o piscar de olhos e o movimento da cabeça.

A fala, por sua vez, interfere nos músculos da região da boca e deve ser combinada com a emoção. A fala também interfere em outros movimentos, pois as expressões tendem a ser diferentes se o indivíduo está falando ou escutando (papel na conversação). Os movimentos da cabeça e dos olhos são as principais características influenciadas pelo estado da conversação. Como não é comum permanecer com esses elementos parados, uma possibilidade é tratar esses movimentos através de funções aleatórias (ruídos aleatórios). Outra maneira é modelar como estímulos direcionados (movimento com foco ou atencional). De todo modo, as funções que representam esses estímulos devem interferir na velocidade do movimento e na posição da cabeça e dos olhos. O papel da conversação, por sua vez, deve funcionar como um modificador dessa velocidade (por exemplo, movimentos mais rápidos na fala e mais lentos no silêncio).

3.6

Visualização da Emoção: Expressão Facial

Uma expressão facial é obtida através da movimentação de pontos característicos que definem a face. Esses pontos podem ser especificados de diferentes formas, dependendo da modelagem da estrutura facial (Seção 1.1). Cada emoção possui um conjunto de valores para os pontos característicos envolvidos na formação de sua expressão facial.

Neste trabalho, os pontos característicos são baseados na parametrização proposta pelo padrão MPEG-4 (Capítulo 4) e o conjunto de valores para os pontos característicos é chamado de “vetor da expressão facial”, simbolizado por \vec{f}_{ev} (*facial expression vector*). Uma instância de \vec{f}_{ev} deve ser definida para cada emoção do hiper-cubo emocional (\vec{f}_{ev_i} para a emoção E_i). Cada posição do vetor armazena o valor correspondente ao deslocamento do ponto característico, podendo ser um valor nulo (caso o ponto característico não interfira na expressão), positivo (quando o “músculo” relaxa para formação da expressão), ou negativo (quando o “músculo” contrai para formação da expressão).

O Capítulo 5 apresenta em detalhes o mecanismo de mapeamento dos valores de \vec{f}_{ev_i} para cada emoção E_i . Adicionalmente, o Apêndice C descreve o valor de cada parâmetro que define a face MPEG-4 utilizada nesta tese para as principais expressões faciais geradas a partir do VeeM.

3.7

Análise do VeeM e seu Hipercubo Emocional segundo a Parametrização Ideal para Animação Facial

Uma vez apresentado o *VeeM* para especificação das emoções e conseqüente geração de expressões faciais, é necessário avaliar esse modelo proposto em relação à parametrização ideal apresentada na Seção 1.3. Essa análise é possível porque o *VeeM* é um modelo paramétrico, uma vez que faz uso de funções onde dado um valor α_i de entrada tem-se como saída um valor $\tilde{\alpha}_i$. Sua parametrização também é garantida no momento que é usado um vetor de expressões faciais, $f\vec{e}v_i$, para a representação dos valores dos pontos característicos para uma dada emoção E_i . Conseqüentemente, os valores definidos em um $f\vec{e}v$ são diretamente mapeados nos parâmetros que compõem a expressão de um dado modelo facial. Sendo assim, torna-se simples a representação do *VeeM* e seu hipercubo emocional através dos requisitos que identificam a “parametrização ideal para os sistemas de animação facial”.

A enumeração seguinte apresenta o “comportamento” do modelo proposto para cada requisito da parametrização ideal.

- *Intervalo de possíveis faces e expressões*: além das oito emoções básicas do Plutchik, é possível combinar emoções puras para geração de emoções derivadas. Cada emoção é mapeada em uma expressão facial única como apresentado na Seção 3.6.
- *Facilidade de uso*: É possível afirmar que a combinação binária das emoções através do hipercubo emocional é uma operação fácil e direta como apresentado na Seção 3.2.
- *Sutileza*: Como a geração facial de uma emoção é representada por uma única expressão facial, a validação desse requisito é direta.
- *Ortogonalidade*: Cada eixo é independente dos outros, como também os setores definidos pela combinação de duas emoções.
- *Capacidade de ser base para uma abstração de alto-nível*: A representação de cada emoção final definida no *VeeM* pode ser facilmente mapeada para uma descrição de alto-nível contendo o seu nome e as características dos fenômenos afetivos que a compõem, caso eles estejam sendo levados em consideração.
- *Previsibilidade*: Esse requisito é diretamente mapeado nos setores do hipercubo emocional como também nas gradações das emoções puras.
- *Portabilidade*: O *VeeM* e seu hipercubo emocional caracteriza-se por ser um modelo de emoção independente de face, podendo ser aplicado

em qualquer sistema de animação facial desde que esse defina as oitos emoções básicas ou um subconjunto delas.

- *Possibilidade de medir os parâmetros*: Como os valores do $f\vec{ev}$ (Seção 3.6) representam os pontos característicos de uma face, é possível mapear para a estrutura facial e usar a mesma métrica para todos os parâmetros que definem a face.
- *Eficiência (largura de banda)*: A utilização de vetores paramétricos ($f\vec{ev}$) para armazenamento dos valores das expressões faciais garante uma boa eficiência na transmissão dos seus valores para que possam ser aplicados em outra estrutura facial. A validação desse requisito será melhor entendida com a apresentação do Capítulo 5.

Uma vez especificado o modelo de emoção, o próximo passo é a aplicação dos valores armazenados no vetor de expressões faciais ($f\vec{ev}$) em uma estrutura facial para visualização dos dados. Os dois próximos capítulos deste documento (Capítulo 4 e Capítulo 5) apresentam, respectivamente, o modelo de face escolhido para representação de uma personagem realista tridimensional e uma ferramenta implementada capaz de receber como entrada o vetor $f\vec{ev}$ e aplicar seus valores nos parâmetros que definem a face.