

O processamento eletrocortical de faces é potenciado por expressões emocionais: Meta-análise do efeito de expressões faciais de emoção no componente N170

Fernando Ferreira-Santos^{1,2}, Eva C. Martins³, Pedro R. Almeida^{1,4}, Fernando Barbosa¹, João Marques-Teixeira¹, & Michelle de Haan²

1. Laboratório de Neuropsicofisiologia, Universidade do Porto (Portugal)

2. Developmental Cognitive Neuroscience Unit, UCL Institute of Child Health (Reino Unido)

3. Departamento de Ciências Sociais e do Comportamento/UNIDEP-CINEICC, Instituto Superior da Maia (Portugal)

4. Escola de Criminologia, Universidade do Porto (Portugal)

Resumo: Objetivo: O componente N170 do ERP é uma resposta eletrofisiológica evocada durante a percepção de faces, que está ausente ou atenuada aquando da percepção de outros estímulos visuais. No entanto, a literatura apresenta resultados inconsistentes relativamente a se o N170 é modulado pela presença de expressões emocionais. No presente estudo, efetuámos uma revisão meta-analítica de modo a clarificar o efeito das emoções no N170.

Metodologia: Foi efetuada uma meta-análise de 157 estudos ERP sobre expressões faciais de emoção.

Resultados: Os tamanhos de efeito agregados revelaram que a amplitude do N170 é aumentada por expressões emocionais em relação a faces neutras.

Discussão: Os resultados sugerem que de facto o N170 é sensível a expressões faciais, mas não a categorias emocionais específicas (e.g., alegria, medo). Por outro lado, o N170 parece refletir a intensidade ou a ativação emocionais. Os resultados serão discutidos à luz do debate entre modelos categoriais e dimensionais de emoção.

Palavras-chave: expressões faciais de emoção; potenciais relacionados com eventos (ERP); N170; meta-análise.

INTRODUÇÃO

O componente N170 do ERP é uma resposta eletrofisiológica medida em regiões occipitotemporais do escalpe evocada durante a percepção de faces, estando ausente ou atenuada aquando da percepção de outros estímulos visuais (Rossion et al., 2000). A questão de este componente ser ou não modulado por expressões faciais de emoção tem sido estudada desde que o N170 emergiu como um domínio relevante na investigação sobre processamento facial, em meados da década de 1990. O N170 foi inicialmente interpretado como um índice do estágio de codificação estrutural de imagens faciais do modelo cognitivo de processamento de faces de Bruce e Young (1986), o que levou a previsões de que não deveria ser modulado por expressões faciais, na medida em que estas não alteram as características estruturais da imagem facial (Bentin, Allison, Puce, Perez, & McCarthy, 1996). Por outro lado, investigação recorrendo a imagiologia por ressonância magnética funcional (fMRI) tem encontrado mais consistentemente efeitos emocionais na resposta hemodinâmica perante estímulos de expressões faciais de emoção. Em particular, expressões faciais de emoção ativam consistentemente a amígdala bem como regiões do córtice visual incluindo o córtice occipital lateral, o giro fusiforme posterior e o sulco temporal posterior (Vuilleumier & Pourtois, 2007). Um modelo influente sobre o mecanismo de modulação emocional sugere que a amígdala é responsável pela deteção rápida de estímulos com valor emocional no campo visual e que subsequentemente modula o processamento nas regiões do córtice visual indicadas (Vuilleumier, Richardson, Armony, Driver, & Dolan, 2004). De relevo para o presente trabalho, duas das regiões corticais envolvidas neste sistema, nomeadamente o giro fusiforme posterior (por vezes denominado de "área fusiforme de faces") e o sulco temporal superior posterior, têm sido implicadas como possíveis geradores neuronais do

componente N170 medido no escalpe (Deffke et al., 2007; Itier & Taylor, 2004). Como tal, a observação de que a atividade nestas regiões é potenciada pela presença de emoções na face sugere que este efeito deveria ser detetável também no componente N170. De facto, de forma consistente com o modelo de Bruce e Young (1986), vários estudos ERP não encontraram evidência de que o N170 seria sensível a diferentes expressões faciais, conforme ilustrado pelo título do estudo de Herrmann e colaboradores (2002), "Face-specific event-related potential in humans is independent from facial expression". Porém, vários estudos têm reportado que o N170 parece sensível à emoção facial, conforme o título de Blau e colaboradores (2007), "The face-specific N170 component is modulated by emotional facial expression". A comparação destes dois títulos lado a lado traduz claramente o problema que constitui o tema do presente trabalho, nomeadamente, se o componente N170 é ou não modulado por emoções.

As inconsistências presentes na literatura sobre o N170 têm sido abordadas de diferentes formas. Alguns autores parecem ignorá-las e citar apenas estudos com resultados semelhantes aos seus (e.g., Foti, Olvet, Klein, & Hajcak, 2010). Mais frequentemente, os investigadores demonstram que estão cientes desta inconsistência, mas dedicam-lhe pouca atenção. Tipicamente, a apresentação e a discussão dos resultados contraditórios é limitada a listar possíveis fatores não emocionais que podem estar na base das discrepâncias. Os fatores usualmente sugeridos incluem diferenças (1) na tarefa ou estímulos utilizados na experiência (Langeslag, Morgan, Jackson, Linden, & Van Strien, 2009; Vlamings, Goffaux, & Kemner, 2009), (2) na familiaridade que os participantes putativamente têm com diferentes tipos de expressões faciais (Mühlberger et al., 2009), ou (3) nos aspetos técnicos da recolha e análise de dados EEG e da medição do componente do ERP (Leppänen, Kauppinen, Peltola, & Hietanen, 2007; Pegna, Landis, & Khateb, 2008; Rellecke, Sommer, & Schacht, 2013). Especificamente, diferentes estudos utilizam diferentes elétrodos de referência, medem o N170 em diferentes elétrodos e calculam a sua amplitude e latência com base em medidas diferentes (da linha de base até ao pico, do pico anterior até ao pico N170, calculando a amplitude média).

Apesar da variação nas tarefas e nas técnicas eletrofisiológicas presentes nos estudos sobre o N170, é possível que haja uma explicação substantiva para os resultados inconsistentes encontrados. A grande maioria de estudos sobre a influência de expressões faciais de emoção no N170 operacionaliza o conteúdo emocional dos estímulos faciais a partir da categoria de emoção básica (e.g., medo, alegria) expressa e compara as respostas ERP obtidas para estas diferentes categorias emocionais. Cada estímulo facial é normalmente selecionado a partir da emoção básica que é representada e da precisão com que observadores identificam corretamente essa emoção. A título de exemplo, uma expressão facial de alegria é selecionada se for reconhecida por uma grande percentagem de observadores (e.g., mais de 90%) de modo a garantir que o estímulo é um bom exemplar da condição experimental pretendida (neste exemplo, expressão de alegria). Assim, dependendo do estudo, o fator experimental "emoção" terá dois ou mais níveis que correspondem a diferentes categorias emocionais, quase sempre emoções básicas ou faces neutras. O contraste mais testado na literatura opõe faces de medo e faces neutras, mas comparações entre toda a gama de emoções básicas e faces neutras já foram reportadas. Em alguns casos, verifica-se também que o fator emocional é definido não como uma categoria de emoção básica, mas como a intensidade da emoção demonstrada. Os estímulos utilizados para averiguar os efeitos da intensidade emocional consistem tipicamente em estímulos quiméricos, denominados *morphs* na terminologia inglesa, produzidos a partir da mistura de duas expressões faciais diferentes em diferentes graus (Calder et al., 2000). Como os *morphs* são misturas entre duas imagens, podem ser definidos pela contribuição relativa de cada um dos protótipos originais. No caso de *morphs* entre expressões neutras e emocionais, considera-se que a face neutra original corresponde a 0% de intensidade emocional e que a face emocional original corresponde a 100% de intensidade emocional. Os *morphs* intermédios são, então, descritos pela medida em que se afastam da expressão neutra e se aproximam da expressão emocional (e.g., o *morph* 10% contém 90% da expressão neutra e 10% da expressão emocional; o *morph* 80% contém 20% da expressão neutra e

80% da expressão emocional). Nestes estudos, a variável independente corresponde, então, à quantidade de transformação da expressão neutra em emocional, que é interpretada como quantificando a intensidade emocional (note-se que este pode não ser o caso quando consideramos categorias emocionais diferentes já que, por exemplo, 100% de alegria pode ser menos intenso que 100% de raiva).

No entanto, estas abordagens levantam um problema. Ao selecionar os estímulos faciais com base nos critérios descritos acima, os investigadores permitem que haja variação não controlada das propriedades afetivas dos estímulos faciais, nomeadamente da ativação (*arousal*) e da valência. Neste sentido, um conjunto de, por exemplo, expressões de alegria facilmente reconhecíveis, que é utilizado como um fator experimental homogêneo numa experiência, pode ser heterogêneo em termos das propriedades afetivas dos estímulos individuais que o compõem. Se estas propriedades afetivas não controladas influenciarem o N170, então os resultados serão confundidos pelo desajuste entre o fator experimental manipulado (i.e., as categorias de emoções básicas) e o fator com eficácia causal (i.e., as propriedades afetivas), o que poderá explicar os resultados inconsistentes presentes na literatura.

O principal objetivo do presente estudo foi determinar se o componente N170 é ou não modulado por expressões faciais de emoção através da combinação meta-analítica dos estudos existentes sobre este tópico. Se não for, então os resultados desta meta-análise devem mostrar que não existem efeitos combinados significativos para os contrastes entre emoções ou entre emoções e faces neutras. Se, por outro lado, o N170 for sensível a expressões faciais então pelo menos alguns destes contrastes devem revelar diferenças significativas. A nossa hipótese é de que as expressões faciais de emoção modulam o componente N170, o que seria consistente com os dados de fMRI neste domínio. Para além disso, se tal for o caso e no sentido da nossa discussão relativa à falta de controlo das propriedades afetivas dos estímulos faciais, existem várias hipóteses alternativas sobre quais as características emocionais responsáveis por esse efeito. Por exemplo, sabe-se que expressões de medo parecem evocar consistentemente respostas amigdalinas (Morris et al., 1996) e que este efeito modula a ativação cortical no córtice visual ventral (Vuilleumier et al., 2004), possivelmente levando ao aumento da amplitude do N170 (Blau et al., 2007). Se de facto este efeito for específico à emoção básica de medo, então os resultados da meta-análise devem ser significativos para contrastes entre o medo e outras expressões, mas não entre outras categorias. Por outro lado, se os efeitos no N170 dependerem da ativação ou da valência das expressões faciais de emoção, será de esperar um padrão de resultados correspondente: se a ativação for o fator responsável pelo efeito, então todas as expressões emocionais, independentemente da emoção básica representada, devem diferir de expressões neutras com baixa ativação; se o efeito depender da valência, então expressões desagradáveis não devem diferir entre si, mas devem diferir de expressões agradáveis. Como a maior parte dos estudos publicados não controlou estas propriedades afetivas dos estímulos, torna-se difícil fazer previsões fortes acerca de qual o fator responsável pelos efeitos emocionais, se os houver. De facto, apenas encontramos um estudo onde os juízos de intensidade emocional dos estímulos foram explicitamente controlados, mas que reporta resultados impressionantes. Utama e colaboradores (Utama, Takemoto, Koike, & Nakamura, 2009) reportam que a amplitude do N170 estava fortemente associada a juízos de intensidade emocional: $r = -0.99$, $p = .01$ para expressões de alegria, e $r = -0.91$, $p = .05$ para expressões de nojo (os coeficientes de correlação são negativos uma vez que uma maior amplitude do N170 corresponde a voltagens mais negativas). Para além disso, a amplitude do N170 não estava associada à correta identificação da categoria emocional representada. Estes resultados sugerem que o N170 é altamente responsivo à intensidade emocional das expressões faciais, independentemente das categorias emocionais dos estímulos, suportando a hipótese de que o efeito emocional neste componente depende da intensidade/ativação emocional.

Em suma, para esclarecer se o componente N170 do ERP é modulado por expressões faciais de emoção, efetuámos uma revisão sistemática quantitativa da literatura relativa a participantes adultos

saudáveis e não medicados, e examinámos todos os contrastes entre condições emocionais reportados, agregando meta-analiticamente os respetivos tamanhos de efeito.

METODOLOGIA

Identificação e seleção de estudos

A identificação de estudos foi realizada através da condução de pesquisas sistemáticas sem restrição de datas em bases de dados científicas e do exame de listas de referências bibliográficas de artigos de revisão sobre o tópico bem como de todos os artigos empíricos retidos para análise (157 artigos). As bases de dados científicas examinadas foram as disponibilizadas através da Pubmed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>), Web of Knowledge (WoK; <http://newisiknowledge.com/>), e EBSCOhost (<http://search.ebscohost.com>). A expressão de pesquisa utilizada foi :

("n170" OR "erp" OR "event-related potential*" OR "vep" OR "visual evoked potential*")
AND ("emotion*" OR "facial expression*" OR "face*")

A pesquisa (em 31-10-2012) resultou em 1049 entradas na Pubmed, 6367 na WoK, e 4855 entradas na EBSCOhost (com exclusão de publicações sem revisão pelos pares e contendo entradas duplicadas no caso da WoK e EBSCOhost). Todos os resumos foram examinados de modo a aferir a relevância do estudo para a presente meta-análise e 492 artigos potencialmente relevantes foram retidos. A análise exaustiva destes artigos com aplicação de critérios de inclusão e exclusão (descritos abaixo) resultou num conjunto de 157 artigos a incluir na meta-análise.

Crítérios de inclusão

Estudos foram incluídos se: (a) o estudo reporta dados de participantes saudáveis, livres de medicação psicoativa; (b) o estudo contém pelo menos um contraste entre faces neutras e emocionais ou entre duas categorias emocionais para a amplitude e/ou latência do componente N170; (c) os contrastes estatísticos são reportados com detalhe suficiente para permitir calcular o tamanho do efeito.

Crítérios de exclusão

Estudos foram excluídos se: (a) mais do que um artigo continha os mesmos resultados ou resultados com sobreposição (exclusão de todos os artigos com sobreposição exceto o mais completo); (b) fossem detetados erros metodológicos ou substantivos graves, revelando fraca qualidade do estudo. Uma vez que todos os artigos examinados foram publicados em publicações com revisão pelos pares, não esperávamos excluir nenhum estudo por esta razão e, de facto, nenhum artigo foi excluído por este motivo.

Codificação das características dos estudos

Após a seleção dos estudos, todos os artigos foram codificados utilizando um formulário estandardizado, de modo a extrair os resultados quantitativos para a meta-análise e as principais características dos estudos que podem moderar os efeitos agregados. A estrutura deste formulário foi desenvolvida seguindo as recomendações gerais para revisões meta-analíticas, mas adaptada especificamente a estudos ERP de expressões faciais de emoção. De acordo com recomendações internacionais, organizámos o formulário de codificação em quatro blocos principais: características extrínsecas, características metodológicas, características substantivas, e resultados (Meca & Martínez, 2010).

Análise de dados

No total, foram revistos 157 estudos (a lista de estudos pode ser obtida contactando o primeiro autor). As variáveis independentes consistiram nas categorias emocionais das expressões faciais utilizadas, (nomeadamente, expressões neutras [ne], de raiva [anger: an], nojo [disgust: di], medo [fear: fe], alegria [happiness: ha], tristeza [sadness: sa], e de surpresa [su]). Foram analisados os efeitos emocionais para todos os 21 contrastes possíveis entre as condições. As variáveis dependentes foram os tamanhos de

efeito (diferença média estandardizada, d de Cohen) dos referidos contrastes estatísticos para a amplitude e latência do componente N170 em regiões occipitotemporais do escalpe. Esta análise foi conduzida a dois níveis: (1) incluindo todos os estudos revistos, e (2) incluindo apenas o subconjunto de estudos que apresentavam características otimizadas. Por “características otimizadas” entendemos estudos em que fatores experimentais não-emocionais estão ausentes ou são mínimos, de modo a maximizar o efeito emocional. Especificamente, nestes estudos “ótimos” os estímulos faciais foram imagens intactas com orientação normal (i.e., sem inversão da imagem), expostas no centro do campo visual (de modo a minimizar efeitos perceptivos), apresentadas por atores desconhecidos (de modo a minimizar efeitos mnésicos), e que foram percebidos conscientemente pelos participantes. Apesar de termos analisado os dados provenientes do lado direito e esquerdo do escalpe, apenas serão reportados resultados para regiões occipitotemporais do lado direito, onde o N170 evocado por faces é normalmente mais proeminente (Rossion, Joyce, Cottrell, & Tarr, 2003).

Meta-análise: combinação de tamanhos de efeito

O cálculo de tamanhos de efeito combinados foi feito através do método de efeitos aleatórios de Hedges and Vevea (1998), implementado no pacote de funções “metafor” (Viechtbauer, 2010) para o software de análise estatística R (R Core Team, 2012). A heterogeneidade foi avaliada através do teste Q de Cochran e quantificada utilizando o índice I^2 , que consiste numa medida estandardizada de variabilidade entre-estudos (Huedo-Medina, Sánchez-Meca, Marín-Martínez, & Botella, 2006). Foram realizadas análises de heterogeneidade para contrastes com valores Q significativos, mas estas análises não resultaram em efeitos interpretáveis (devido a limitações nas distribuições dos moderadores) pelo que não serão reportadas no presente trabalho.

RESULTADOS

Viés de publicação

É improvável que haja ameaças à validade dos resultados devido a viés de publicação, já que vários estudos reportam efeitos não significativos. De qualquer modo, o viés de publicação foi testado formalmente através de testes de Egger (Sterne & Egger, 2005) utilizando o software R com o pacote de funções *metaphor* (R Core Team, 2012; Viechtbauer, 2010). Como esperado, a maior parte dos scores de viés não foram estatisticamente significativos: 7% dos testes foram significativos, indicando existência de assimetria nos gráficos de funil, mas que não deve ser interpretada como viés de publicação na medida em que estas análises incluíam resultados nulos.

Resultados da meta-análise global, incluindo todos os estudos

Os tamanhos de efeito combinados mostraram que a amplitude do componente N170 está aumentada para expressões de raiva, nojo e alegria quando comparadas com faces neutras. Por outro lado, contrastes entre diferentes emoções não revelaram diferenças significativas. Estes resultados são apresentados através de gráficos de órbita (Ferreira-Santos, Martins, Marques-Teixeira, & de Haan, no prelo) na Figura 1. O gráfico onde figura a comparação entre faces neutras as restantes categorias emocionais está destacado dada a sua importância para a interpretação dos resultados. Não foram encontrados resultados significativos para a latência do N170, pelo que os resultados relativos à latência do componente serão omitidos.

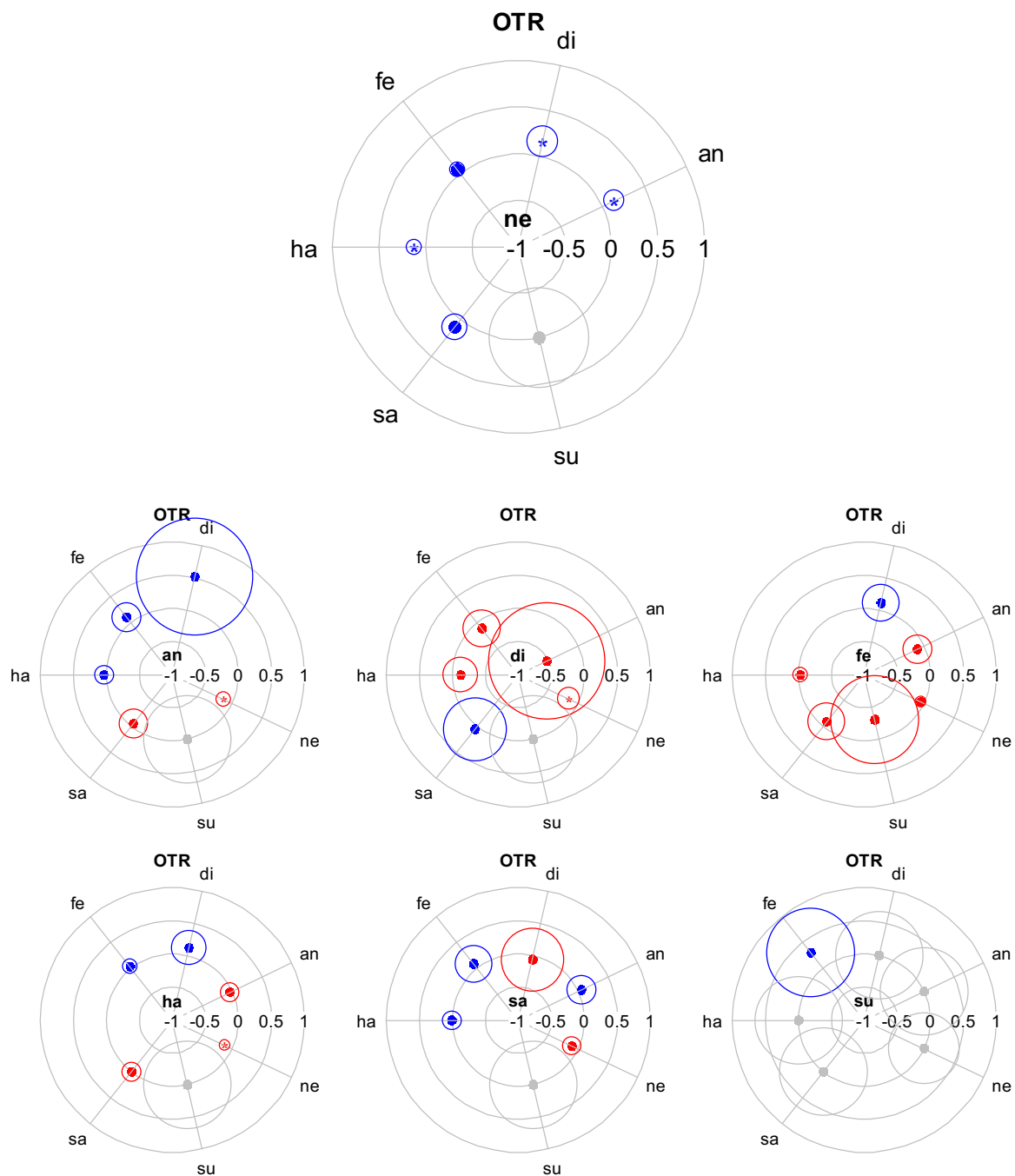


Figura 1. Gráficos de órbita dos efeitos combinados de emoção na amplitude do N170 para todos os estudos revistos. Cada gráfico representa os tamanhos de efeito (d de Cohen) e respectivos intervalos de confiança (95%) para os contrastes entre a condição central e as condições periféricas. Tamanhos de efeito favorecendo a condição central são representados a vermelho; favorecendo a condição periférica a azul; nulos (i.e., iguais a zero) a cinzento. Tamanhos de efeito significativamente diferentes de zero estão assinalados com um asterisco. Nota: OTR = região occipitotemporal do lado direito; an = raiva; di = nojo; fe = medo; ne = neutro; ha = alegria; sa = tristeza; su = surpresa.

Resultados da meta-análise parcial, incluindo apenas estudos otimizados

Em estudos com características otimizadas, a amplitude do N170 para todas as condições emocionais (exceto surpresa, para a qual o número de estudos disponíveis era reduzido) foi significativamente

maior do que para faces neutras. Novamente, não se verificaram diferenças na amplitude do N170 entre diferentes categorias emocionais (Figura 2), e também não foram detetados efeitos significativos para a latência do componente.

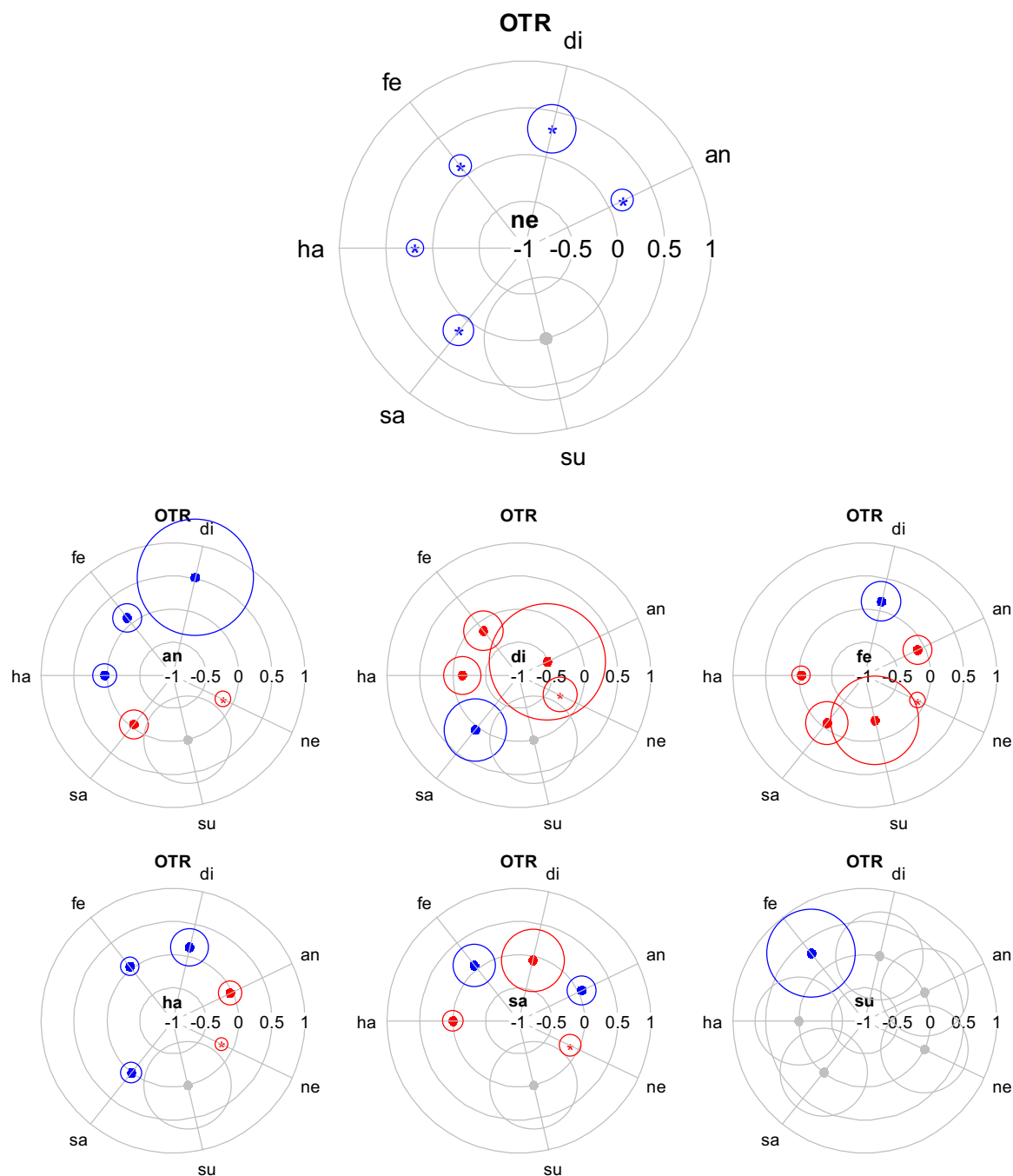


Figura 2. Gráficos de órbita dos efeitos combinados de emoção na amplitude do N170 para estudos com características otimizadas. Cada gráfico representa os tamanhos de efeito (d de Cohen) e respetivos intervalos de confiança (95%) para os contrastes entre a condição central e as condições periféricas. Tamanhos de efeito favorecendo a condição central são representados a vermelho; favorecendo a condição periférica a azul; nulos (i.e., iguais a zero) a cinzento. Tamanhos de efeito significativamente diferentes de zero estão assinalados com um asterisco. Nota: OTR = região occipitotemporal do lado direito; an = raiva; di = nojo; fe = medo; ne = neutro; ha = alegria; sa = tristeza; su = surpresa.

CONCLUSÕES

A presente revisão sistemática quantitativa da literatura foi conduzida para examinar o efeito das expressões faciais de emoção no componente N170 do ERP. O padrão de resultados obtido para a meta-análise global com todos os estudos indica que as expressões emocionais produzem uma maior amplitude do N170 do que faces neutras, independentemente das categorias emocionais específicas que são representadas. No entanto, nem todos os efeitos foram estatisticamente significativos: apenas os da raiva, do nojo e da alegria foram significativamente diferentes das faces neutras. Expressões de medo e de tristeza não diferiram significativamente de faces neutras, apesar de a direção dos tamanhos de efeito revelar uma maior amplitude para estas duas categorias emocionais. Uma exceção a este padrão de resultados foi encontrada para faces de surpresa, que não diferiram de faces neutras. Tal deve-se possivelmente ao facto de as expressões de surpresa serem as menos estudadas na literatura, levando à inclusão de poucos dados primários na presente meta-análise. Dada esta limitação, os resultados para expressões de surpresa não serão interpretados. Para além do efeito de aumento do N170 para faces emocionais em relação a neutras verificámos, também, que todos os contrastes entre duas emoções foram não significativos, sugerindo que o N170 não é sensível a diferentes categorias emocionais. Não encontramos evidência de efeitos emocionais na latência do N170.

Estes resultados foram reforçados pelos efeitos detetados na meta-análise parcial que incluiu apenas estudos otimizados. Esta meta-análise parcial foi realizada para examinar o efeito da emoção no N170 quando as exigências não-emocionais da tarefa eram mínimas: removendo tamanhos de efeito contaminados por efeitos perceptuais, atencionais e relacionados com a memória foi possível observar especificamente o efeito dos fatores emocionais. Verificámos que os resultados da meta-análise global se tornaram mais pronunciados nesta meta-análise parcial. Nesta última, todas as categorias emocionais (exceto surpresa) levaram a uma maior amplitude do N170 do que faces neutras. Estes tamanhos de efeito foram maiores do que na meta-análise global, levando a que todas as categorias emocionais diferissem significativamente das expressões neutras. Estes efeitos podem ser observados comparando o primeiro gráfico de órbita da Figura 1 (que contrasta faces neutras [ne] com as restantes categorias emocionais) com o gráfico respetivo da Figura 2.

Em suma, os resultados das meta-análises efetuadas mostram que a amplitude do N170 é potenciada por expressões faciais de emoção em relação a faces neutras, mas que não difere entre categorias emocionais. Este padrão de resultados sugere que a amplitude do N170 é modulada pela intensidade emocional ou pela ativação afetiva (*arousal*) das expressões faciais, já que são estas as dimensões em que as expressões de emoção diferem sistematicamente de faces neutras. Apesar de ser possível dissociar conceitualmente intensidade emocional e ativação, é plausível assumir-se que estas dimensões estejam fortemente correlacionadas na generalidade das situações, não sendo possível dissociar as duas com base nos resultados obtidos neste trabalho. A presença de um efeito de intensidade/*arousal* pode também explicar o facto de os tamanhos de efeito dos contrastes entre expressões emocionais e faces neutras serem pequenos (valores d entre 0.12 e 0.38, mas a maioria inferior a 0.20). Se a modulação emocional da amplitude do N170 depender da intensidade/*arousal*, então a utilização de estímulos faciais cujas propriedades afetivas não foram controladas pode confundir os resultados. Assim, contrastar categorias emocionais sem um controlo estrito da intensidade/*arousal* dos estímulos pode levar a uma subestimação do verdadeiro efeito: os contrastes entre uma categoria emocional e neutra (e.g., medo vs. neutro) ainda captura parte deste efeito, mas fá-lo de forma não sistemática, já que é provável que seja a variabilidade não controlada no *arousal* que produza o aumento de amplitude do N170.

Os resultados do presente estudo sugerem que os modelos de emoções básicas assumidos na literatura sobre respostas cerebrais a expressões faciais de emoção são, no mínimo, incompletos. A consideração teórica e metodológica das dimensões afetivas que caracterizam os estímulos emocionais poderá vir a esclarecer algumas inconsistências encontradas na literatura e a permitir a

elaboração de modelos teóricos mais integrativos, no sentido de propostas recentes de modelos emocionais híbridos que contemplam simultaneamente categorias emocionais e dimensões afetivas (Calder & Young, 2005; Fujimura, Matsuda, Katahira, Okada, & Okanoya, 2011).

AGRADECIMENTOS

FFS foi apoiado por uma bolsa da Fundação para a Ciência e Tecnologia (SFRH/BD/64071/2009).

CONTACTO PARA CORRESPONDÊNCIA

Fernando Ferreira-Santos, Laboratório de Neuropsicofisiologia, Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade do Porto, Rua Alfredo Allen 4200-135 Porto, frsantos@fpce.up.pt.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blau, V. C., Maurer, U., Tottenham, N., & McCandliss, B. D. (2007). The face-specific N170 component is modulated by emotional facial expression. *Behavioral and Brain Functions*, 3, 7. doi:10.1186/1744-9081-3-7
- Bentin, S., Allison, T., Puce, A., Perez, E., & McCarthy, G. (1996). Electrophysiological studies of face perception in humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8, 551–565. doi:10.1162/jocn.1996.8.6.551
- Bruce, V., & Young, A. W. (1986). Understanding face recognition. *British Journal of Psychology*, 77(3), 305–327. doi:10.1111/j.2044-8295.1986.tb02199.x
- Calder, A. J., Rowland, D., Young, A. W., Nimmo-Smith, I., Keane, J., & Perrett, D. I. (2000). Caricaturing facial expressions. *Cognition*, 76(2), 105–146. doi:10.1016/S0010-0277(00)00074-3
- Calder, A. J., & Young, A. W. (2005). Understanding the recognition of facial identity and facial expression. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(8), 641–51. doi:10.1038/nrn1724
- Deffke, I., Sander, T., Heidenreich, J., Sommer, W., Curio, G., Trahms, L., & Lueschow, A. (2007). MEG/EEG sources of the 170-ms response to faces are co-localized in the fusiform gyrus. *NeuroImage*, 35(4), 1495–1501. doi:10.1016/j.neuroimage.2007.01.034
- Ferreira-Santos, F., Martins, E. C., Marques-Teixeira, J., & de Haan, M. (no prelo). Gráfico de órbita (orbitplot): Uma nova ferramenta para a apresentação multivariada de contrastes estatísticos emparelhados. *Atas do VIII Simpósio Nacional de Investigação em Psicologia*.
- Foti, D., Olvet, D. M., Klein, D. N., & Hajcak, G. (2010). Reduced electrocortical response to threatening faces in major depressive disorder. *Depression and Anxiety*, 27(9), 813–20. doi:10.1002/da.20712
- Fujimura, T., Matsuda, Y.-T., Katahira, K., Okada, M., & Okanoya, K. (2011). Categorical and dimensional perceptions in decoding emotional facial expressions. *Cognition & Emotion*, 26(4), 37–41. doi:10.1080/02699931.2011.595391
- Hedges, L. V., & Vevea, J. L. (1998). Fixed- and random-effects models in meta-analysis. *Psychological Methods*, 3(4), 486–504. doi:10.1037/1082-989X.3.4.486
- Herrmann, M. J., Aranda, D., Ellgring, H., Mueller, T. J., Strik, W. K., Heidrich, A., & Fallgatter, A. J. (2002). Face-specific event-related potential in humans is independent from facial expression. *International Journal of Psychophysiology*, 45(3), 241–244. doi:10.1016/S0167-8760(02)00033-8
- Huedo-Medina, T. B., Sánchez-Meca, J., Marín-Martínez, F., & Botella, J. (2006). Assessing heterogeneity in meta-analysis: Q statistic or I² index? *Psychological Methods*, 11(2), 193–206. doi:10.1037/1082-989X.11.2.193
- Itier, R. J., & Taylor, M. J. (2004). Source analysis of the N170 to faces and objects. *NeuroReport*, 15(8), 1261–1265. doi:10.1097/01.wnr.0000127827.73576.d8

- Langeslag, S. J. E., Morgan, H. M., Jackson, M. C., Linden, D. E. J., & Van Strien, J. W. (2009). Electrophysiological correlates of improved short-term memory for emotional faces. *Neuropsychologia*, 47(3), 887–96. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2008.12.024
- Leppänen, J. M., Kauppinen, P., Peltola, M. J., & Hietanen, J. K. (2007). Differential electrocortical responses to increasing intensities of fearful and happy emotional expressions. *Brain Research*, 1166, 103–109. doi:10.1016/j.brainres.2007.06.060
- Morris, J. S., Frith, C. D., Perrett, D. I., Rowland, D., Young, A. W., Calder, A. J., & Dolan, R. J. (1996). A differential neural response in the human amygdala to fearful and happy facial expressions. *Nature*, 383(6603), 812–815. doi:10.1038/383812a0
- Mühlberger, A., Wieser, M. J., Herrmann, M. J., Weyers, P., Tröger, C., Pauli, P., & Tro, C. (2009). Early cortical processing of natural and artificial emotional faces differs between lower and higher socially anxious persons. *Journal of Neural Transmission*, 116(6), 735–746. doi:10.1007/s00702-008-0108-6
- Pegna, A. J., Landis, T., & Khateb, A. (2008). Electrophysiological evidence for early non-conscious processing of fearful facial expressions. *International Journal of Psychophysiology*, 70(2), 127–136. doi:10.1016/j.ijpsycho.2008.08.007
- R Core Team. (2012). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from <http://www.r-project.org/>
- Rellecke, J., Sommer, W., & Schacht, A. (2013). Emotion effects on the N170: A question of reference? *Brain Topography*, 26, 62–71. doi:10.1007/s10548-012-0261-y
- Rossion, B., Gauthier, I., Tarr, M. J., Despland, P., Bruyer, R., Linotte, S., & Crommelinck, M. (2000). The N170 occipito-temporal component is delayed and enhanced to inverted faces but not to inverted objects. *NeuroReport*, 11(1), 69–72. doi:10.1097/00001756-200001170-00014
- Rossion, B., Joyce, C. A., Cottrell, G. W., & Tarr, M. J. (2003). Early lateralization and orientation tuning for face, word, and object processing in the visual cortex. *NeuroImage*, 20(3), 1609–1624. doi:10.1016/j.neuroimage.2003.07.010
- Sterne, J. A. C., & Egger, M. (2005). Regression methods to detect publication and other bias in meta-analysis. In H. Rothstein, A. Sutton, & M. Borenstein (Eds.), *Publication bias in meta-analysis: Prevention, assessment and adjustments* (pp. 99–110). Chichester: John Wiley & Sons.
- Utama, N. P., Takemoto, A., Koike, Y., & Nakamura, K. (2009). Phased processing of facial emotion: An ERP study. *Neuroscience Research*, 64(1), 30–40. doi:10.1016/j.neures.2009.01.009
- Viechtbauer, W. (2010). Conducting meta-analyses in R with the metafor package. *Journal of Statistical Software*, 36(3), 1–48. Retrieved from <http://www.jstatsoft.org/v36/i03/paper>
- Vlamings, P. H. J. M., Goffaux, V., & Kemner, C. (2009). Is the early modulation of brain activity by fearful facial expressions primarily mediated by coarse low spatial frequency information? *Journal of Vision*, 9(5), 12.1–13. doi:10.1167/9.5.12
- Vuilleumier, P., & Pourtois, G. (2007). Distributed and interactive brain mechanisms during emotion face perception: Evidence from functional neuroimaging. *Neuropsychologia*, 45(1), 174–194. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2006.06.003
- Vuilleumier, P., Richardson, M. P., Armony, J. L., Driver, J., & Dolan, R. J. (2004). Distant influences of amygdala lesion on visual cortical activation during emotional face processing. *Nature Neuroscience*, 7(11), 1271–1278. doi:10.1038/nn1341