

MÉTODOS DE CONSTRUÇÃO E INTERPRETAÇÃO DO MAPA PERCEPTUAL PARA ESTUDOS DE PERCEPÇÃO DE RISCOS.

Moacyr Machado Cardoso Junior ^{a*}, Rodrigo Arnaldo Scarpel ^a

^a Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos – SP, Brasil

Resumo

O estudo da percepção de riscos tem ganhado destaque nos últimos anos no contexto dos programas de gerenciamento e comunicação de riscos. Uma das técnicas mais promissoras para o desenvolvimento destes estudos é o mapa perceptual obtido via escalonamento multidimensional. Neste artigo abordam-se as aplicações do mapa perceptual nas diversas áreas do conhecimento e na área de gerenciamento de riscos. Os principais algoritmos para obtenção do mapa perceptual são descritos e as possibilidades de interpretação são apresentadas, destacando-se os modelos de 3 vias, que incorporam a variabilidade inerente a um conjunto de avaliadores, dentre estes destacam-se os modelos Procrustes, INDSCAL e IDIOSCAL. São apresentados dois exemplos de aplicação na área de riscos ressaltando a obtenção e interpretação da configuração final. E por fim são apresentadas algumas considerações sobre as aplicações e futuros desenvolvimentos para o mapa perceptual via escalonamento multidimensional e suas formas de interpretação.

Palavras-chave: Escalonamento multidimensional; Mapa perceptual; Métodos; Percepção; Risco.

Abstract

The study of risk perception has gained prominence in recent years in the context of management and risk communication programs. One of the most promising techniques for the development of these studies is the perceptual map obtained via multidimensional scaling. This article approaches the perceptual map applications in various fields of knowledge and in the area of risk management. The main algorithms for obtaining the perceptual map are described and the possibilities for interpretation are presented, highlighting the 3-way models, which incorporate the variability inherent in a set of evaluators, among them stand out models Procrustes, INDSCAL e IDIOSCAL. We present two examples of application in the area of risk management, emphasizing the acquisition and interpretation of the final configuration. Finally we present some considerations on the applications and future developments for the perceptual map via multidimensional scaling and its interpretation forms.

Key-Words: Methods; Multidimensional Scaling; Perception; Perceptual Map; Risk.

*Autor para correspondência: e-mail: moacyr@ita.br

1. Introdução

A pesquisa de percepção de risco vem sendo desenvolvida desde os trabalhos iniciais de Starr (1969) citado por Sjoberg, Bjorg-Elin e Rundmo (2004). A estratégia mais usual para o estudo da percepção do risco emprega o paradigma psicométrico, que usa escalas psicofísicas e técnicas de análise multivariada para produzir representações quantitativas ou também conhecidas como mapas cognitivos de atitudes e percepções.

No contexto do paradigma psicométrico as pessoas fazem julgamentos quantitativos a cerca do risco atual e desejado de diversos perigos e nível desejado de regulamentação de cada um dos riscos. Estes julgamentos são então relacionados a julgamentos a cerca de outras propriedades, tais como: voluntariedade, temor, conhecimento, controle, benefícios para a sociedade, número de mortes ocorridas em um ano, número de mortes em decorrência de um ano desastroso (SLOVIC, 1987 e 2001).

McDaniels *et al.* (1995) citado por Sjoberg, Bjorg-Elin e Rundmo (2004) definiram o paradigma psicométrico como uma aproximação na identificação das características que influenciam a percepção do risco. A aproximação assume que o risco é multidimensional, com muitas outras características além do julgamento individual da probabilidade de causar danos à saúde ou à vida. A aplicação do método em estudos de percepção do risco a saúde humana inclui: - desenvolver uma lista de perigos baseada em eventos, tecnologias e práticas que incluam um largo espectro dos perigos potenciais; - desenvolver um número de escalas psicométricas que reflitam características dos riscos que são importantes para mapear a percepção humana em resposta aos riscos; - solicitar aos respondentes para avaliar cada item da lista de perigos em cada uma das dimensões; - utilizar métodos de estatística multivariada para identificar e interpretar um conjunto de fatores latentes que captam as variações das respostas dos indivíduos e do grupo.

A percepção dos riscos ocupacionais vem ganhando destaque no cenário prevencionista nacional e internacional, conforme recentes trabalhos de Dos Santos, Leta e Velloso (2005), Cabral *et al.* (2010), Mcgrath (2010), Johnsen *et al.* (2010) e Bjerkan (2010) na área de petróleo e gás. Na mesma linha Soares *et al.* (2008) desenvolveram um estudo sobre a percepção dos riscos na área portuária e Hussin e Wang (2010) na área industrial.

Um dos métodos multivariados de grande utilização é o escalonamento multidimensional – (MDS), que é um método que toma por base a proximidade de objetos, sujeitos ou estímulos utilizados para produzir uma representação espacial dos mesmos (SCHOLTEN e CALDEIRA, 1997 e HÄRDLE e SIMAR, 2007). A proximidade expressa a similaridade ou dissimilaridade entre objetos. O MDS é uma técnica de redução de dimensão, uma vez que seu objetivo é encontrar um conjunto de pontos em baixa dimensão (usualmente duas dimensões) que reflitam a configuração dos dados em alta dimensão.

Cox e Cox (2001) apresentam uma definição de MDS que chamam de “estreita”, parecida com a apresentada acima, e uma “larga”, ou seja, MDS pode conter várias técnicas de análise multivariada de dados, e no extremo, ela se refere a qualquer técnica que produza uma representação gráfica dos objetos a partir de dados multivariados.

Borg e Groenen (2005) definem MDS como um método que representa medidas de similaridade (ou dissimilaridade) entre pares de objetos como distâncias entre pontos em um espaço de baixa dimensão. Os autores descrevem quatro propósitos do MDS: a) MDS como um método para representar (dis)similaridade como distâncias em um espaço dimensional com poucas dimensões, a fim de tornar os dados acessíveis à inspeção visual e análise exploratória; b) Como uma técnica que permita que se teste de que forma certos critérios pelos quais uma pessoa pode distinguir diferentes objetos de interesse são espelhados em uma correspondente diferença empírica desses objetos; c) Uma aproximação analítica que permita descobrir as dimensões que estão sob os julgamentos de (dis)similaridade; d) Como

um modelo psicológico que explica julgamentos de (dis)similaridade em termos de regras que se aproximam de um tipo particular de função de distância.

MDS como uma técnica exploratória é usado para estudar teoricamente dados amorfos, ou seja, que não estão ligados a uma teoria explícita que preveja sua magnitude ou padrões. O objetivo é auxiliar o pesquisador a “enxergar” a estrutura dos dados.

Como resultado das 4 possibilidades citadas acima, a representação pictórica dos dados, normalmente reduzida a 2 ou 3 dimensões, representa o mapa perceptual (COX e COX, 2001).

Este trabalho tem por objetivos: i) descrever os diferentes algoritmos utilizados para solução do MDS, e apresentar os critérios para definição do espaço final e interpretação ii) demonstrar aplicações do mapa perceptual no contexto da percepção de risco. O trabalho utilizou-se da lógica indutiva e dedutiva, ou seja, foram estudados aspectos teóricos por meio de revisão bibliográfica e práticos com a apresentação de resultados de trabalhos na área de percepção de riscos.

Este trabalho encontra-se organizado da seguinte forma: na seção de introdução, foi abordada a motivação e os objetivos para desenvolvimento deste trabalho; a Seção 2, uma breve revisão sobre aplicações do mapa perceptual. A Seção 3 apresenta os métodos de obtenção do mapa perceptual utilizando o escalonamento multidimensional e as interpretações acerca do mesmo; a Seção 4 apresenta dois exemplos de aplicação do mapa na área de risco; e finalmente a Seção 5 com os comentários finais sobre as diferentes técnicas utilizadas.

2. Aplicações do Mapa Perceptual

Os mapas perceptuais são largamente utilizados em pesquisas de marketing com objetivos diversos, mas o principal é o estudo de posicionamento de produtos. Segundo Moreira

(2006) os mapas perceptuais são construídos em geral com finalidades exploratórias, a fim de entender qual o espaço ocupado pelos produtos na mente do consumidor potencial, e o quanto tal posição é valorizada por eles. Esse conhecimento é então utilizado no planejamento estratégico de marketing, através da escolha de um posicionamento objetivo para a marca e/ou produto.

Os mapas perceptuais tiveram sua origem no trabalho de Hotelling (1929), que estudava o posicionamento de objetos em espaços virtuais (MYERS, 1992 *apud* MONTEIRO, DIBB e ALMEIDA, 2010).

Shocker (1987) cita três métodos principais para obtenção do mapa perceptual, sendo dois métodos totalmente métricos: - análise discriminante e análise fatorial, e o método não métrico via MDS, conhecido por transformar dados de entrada ordinais em respostas cardinais.

Neal (1988) apresenta uma série de diferentes denominações para o mapa perceptual citadas na literatura, tais como mapeamento MDS, mapeamento de preferências, mapeamento de mercado, segmentação estrutural, mapa de produtos, mapa de marcas, mapa de comportamento e mapa semântico.

Neste trabalho define-se mapa perceptual como uma forma sintética de representação de dados multidimensionais, destacando o posicionamento dos objetos individuais em análise em relação ao espaço Euclidiano e em relação aos outros objetos.

Outras áreas que também utilizam mapas perceptuais via MDS são as ciências ligadas ao comportamento, econometria e ciências sociais para analisar avaliações subjetivas dos objetos de pesquisa (VANLAAR e YANNIS, 2006). Campanhas políticas também podem se valer dos mapas com os propósitos de identificar pontos que podem influenciar comportamentos dos eleitores (BASS *et al.*, 2008).

Na área de riscos, Bass *et al.* (2008) realizaram um estudo na área da saúde visando verificar como o pessoal de atendimento a emergências percebe os riscos e benefícios da vacinação contra varíola em cenários hipotéticos. Os autores enfatizam que o mapa perceptual é um método que permite avaliar a percepção, modelar quadros conceituais, desenvolver mensagens ou estratégias de intervenção e monitorar alterações perceptuais e/ou conceituais no tempo.

Os mapas perceptuais têm sido utilizados em alguns trabalhos com o intuito de estudar a percepção de riscos de um grupo de entrevistados em relação a substâncias, tecnologias e comportamento. Neste sentido, Vanlaar e Yannis (2006) realizaram um estudo de percepção do risco das causas de acidentes automobilísticos utilizando o modelo INDSCAL, modelo de diferenças individuais que será tratado no capítulo 3, visando responder a três questões básicas: 1) Como os motoristas europeus percebem a importância de várias causas de acidentes? 2) Se existem diferenças importantes de percepção entre os países europeus e 3) se essas percepções refletem o significado real das causas dos acidentes. Os autores utilizaram o coeficiente *Kendall Tau* para calcular a relação entre os diferentes itens utilizados na pesquisa. Os dados de entrada do modelo INDSCAL eram matrizes de similaridades ao invés de dissimilaridade.

Os resultados foram representados em um mapa perceptual de duas dimensões, pois segundo o modelo proposto pelos autores as dimensões prevalência percebida e o risco percebido explicavam o modelo. A seguir utilizaram o mapa do sujeito para analisar os pesos dados a cada dimensão, assim como a variância explicada, que foi representada pela soma dos quadrados das coordenadas no espaço do sujeito. O espaço do grupo obtido foi validado pelos autores pela observação dos resultados do espaço do sujeito, que não demonstrou nenhum desequilíbrio acentuado nos pesos atribuídos as dimensões, além do que quase todos os países tiveram a variância explicada acima de 50%. As duas questões

iniciais da pesquisa puderam ser respondidas respectivamente pelo mapa do grupo e pelo espaço do sujeito.

Vanlaar, Simpson e Robertson (2008) propuseram um modelo para análise do Mapa Perceptual para compreensão acerca dos comportamentos não seguros dos motoristas. Para tanto utilizaram o Escalonamento Multidimensional para a construção do mapa e para a interpretação utilizaram regressão logística para investigar a relação entre 3 dimensões externas (ie, nível de preocupação dos outros, prevalência e risco) e as dimensões originais que foram grau de preocupação com beber e dirigir, dirigir em alta velocidade, utilizar telefone celular, distração, fadiga e drogas ilegais. Todas as dimensões foram medidas utilizando uma escala tipo Likert de 1-6 (ie, 1 = não é um problema; 6= problema extremamente sério).

A regressão logística foi significativa para 5 dos 6 componentes do risco, ou seja, o nível de preocupação das outras pessoas influencia a percepção (ou nível de preocupação) do indivíduo. As outras 2 dimensões externas também foram significativas, possibilitando 3 possíveis interpretações para as dimensões obtidas no MDS.

Os autores utilizaram ainda a análise de frequência com que os indivíduos consideraram os 6 comportamentos de risco como sérios ou extremamente sérios (5 ou 6 na escala de Likert).

Finalmente os autores concluíram que a utilização de regressão logística e análise de frequência facilitaram a interpretação das dimensões do mapa perceptual, conforme Figura 1.

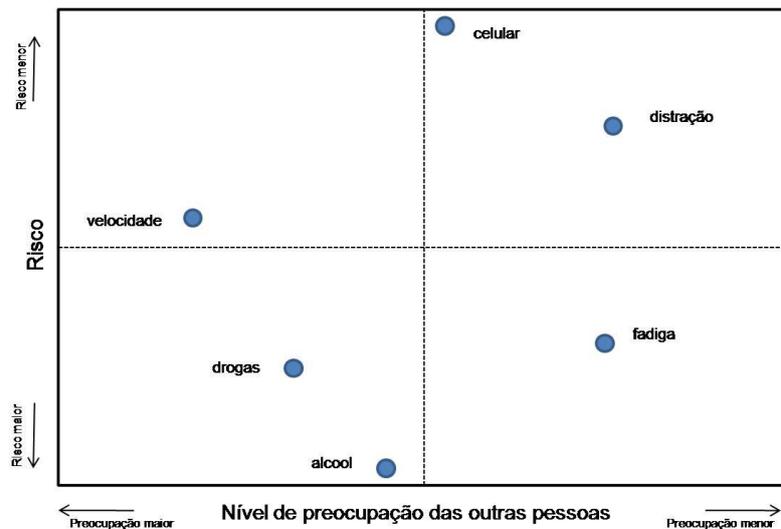


Figura 1. Mapa perceptual de risco referente a seis comportamentos perigosos ao volante.
 Fonte: VANLAAR, SIMPSON, ROBERTSON, 2008, adaptado.

Os autores utilizaram a correlação de Pearson para obtenção da matriz de similaridade.

3. Construção e interpretação do Mapa Perceptual

O Escalonamento Multidimensional – MDS é uma ferramenta matemática que usa a proximidade entre objetos, sujeitos ou estímulos para produzir uma representação espacial dos mesmos. A proximidade é definida por qualquer conjunto de números que expressem a similaridade ou dissimilaridade entre os pares de objetos, sujeitos ou estímulos. E, ao contrário de outras técnicas multivariadas, tais como Componentes Principais ou Análise Fatorial, o MDS não começa a análise a partir de uma matriz bruta χ dos dados, mas sim a partir de uma matriz de dissimilaridades (nxn) ou matriz de distâncias, D com os elementos δ_{ij} e d_{ij} respectivamente, e dessa forma a dimensão dos dados sob investigação não é conhecida.

O MDS é uma técnica de redução de dimensão porque seu objetivo é o de encontrar um conjunto de pontos de baixa dimensão que representem a configuração dos dados em

alta dimensão. Esta configuração em alta dimensão é representada pela matriz de dissimilaridades ou de distâncias D .

As diferentes técnicas do MDS são utilizadas frequentemente para compreender como as pessoas percebem e avaliam certos sinais e informações. Por exemplo, cientistas políticos usam o MDS para compreender como os candidatos são percebidos pelos eleitores (similaridades e dissimilaridades). Psicólogos utilizam o MDS para compreender as percepções e avaliações de discursos, cores, traços de personalidade, dentre inúmeras outras aplicações. Na área do Marketing a técnica é utilizada para avaliar marcas e a relação entre os atributos dos produtos (HÄRDLE e SIMAR, 2007).

Em resumo o propósito inicial do MDS é o de descobrir relações estruturais ou padrões nos dados e representá-los em um modelo geométrico simples ou em uma figura.

MDS baseado em distâncias ou em distâncias Euclidianas calculadas a partir de similaridades é usualmente referido como MDS métrico, e se for baseado somente em similaridades baseadas em julgamentos pessoais, é o MDS não métrico, medido em escala ordinal (RENCHEER, 2002).

Nos tópicos seguintes descrevem-se de forma breve os diferentes algoritmos de MDS e interpretações possíveis a partir dos mesmos.

3.1. MDS Clássico

O MDS métrico pode ser calculado por diferentes métodos, o primeiro método, denominado de clássico foi introduzido por Torgerson (1952, 1958) e Gower (1966), conforme citado por Wickelmaier (2003) e Borg e Groenen (2005). O MDS clássico também é conhecido como Escalonamento de Torgerson ou ainda Torgerson-Gower (BORG e GROENEN, 2005). O MDS clássico inicia com uma matriz de distâncias D com elementos d_{ij} , onde $i, j = 1, \dots, n$, e o objetivo é encontrar uma configuração de pontos no espaço p -dimensional a

partir das distâncias entre os pontos de tal forma que as coordenadas dos n pontos ao longo da dimensão p produza uma matriz de distâncias Euclidianas cujos elementos estão tão próximos quanto possível aos elementos da matriz de distâncias D . No método clássico a matriz de dissimilaridades é assumida como uma matriz de distâncias.

O método é extremamente popular, uma vez que permite soluções analíticas, não requerendo métodos iterativos (BORG e GROENEN, 2005).

O MDS clássico ou métrico é idêntico ao método das componentes principais (HÄRDLE e SIMAR, 2007). Outra característica do MDS Clássico é que as soluções para diferentes dimensões estão agrupadas, isto é, as duas primeiras dimensões de uma solução com 3 dimensões são iguais à solução de duas dimensões.

O número de dimensões desejado normalmente é o mais baixo possível de forma a proporcionar interpretações práticas.

3.2. MDS não métrico ou Ordinal

O objetivo do MDS não métrico, tal qual no métrico é o de encontrar as coordenadas dos pontos em um espaço p -dimensional, de forma que exista uma boa concordância entre as proximidades observadas e as distâncias entre pontos. O desenvolvimento da técnica ocorreu devido a dois pontos fracos do MDS métrico, conforme FAHRMEIR e HAMERLE, (1984) citado por HÄRDLE e SIMAR (2007), que são:

- A definição de uma conexão explícita entre dissimilaridades e distâncias, de forma a permitir calcular as distâncias a partir das dissimilaridades, e
- A restrição à geometria Euclidiana a fim de determinar a configuração final do objeto.

A ideia do MDS não métrico é demandar uma relação menos rígida entre dissimilaridades e distâncias. Dessa forma suponha que uma função monotônica crescente desconhecida f , seja usada para gerar um conjunto de distâncias d_{ij} como uma função das

dissimilaridades δ_{ij} , $d_{ij} = f(\delta_{ij})$. Consideramos que f tem a propriedade que se $\delta_{ij} < \delta_{rs}$ então $f(\delta_{ij}) < f(\delta_{rs})$. O escalonamento é baseado na ordenação das dissimilaridades. O método não métrico é ordinal.

O MDS ordinal é um caso especial de MDS, e possivelmente o mais importante na prática (COX e COX, 2000). Ele é usado normalmente quando, por exemplo, deseja-se obter o julgamento, colocando os objetos em ordem crescente ou decrescente de importância sob a ótica de um avaliador.

A adequação do MDS não métrico é verificada pela métrica denominada Stress1.

O Stress1 é definido por:

$$Stress1 = \left(\frac{\sum_{i < j} (d_{ij} - \hat{d}_{ij})^2}{\sum_{i < j} d_{ij}^2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

em que d_{ij} , representa a distância entre o objeto i e j e \hat{d}_{ij} , representa a pseudodistância, ou seja, a distância corrigida para atender à exigência da monotonicidade.

3.2.1. Avaliação do Ajuste

As funções de perda tal como a função de Stress são índices que avaliam a inadequação das proximidades e das correspondentes distâncias. Stress é muito similar ao coeficiente de correlação, exceto pelo fato de medir o desajuste ao invés do ajuste do modelo. A comparação com o coeficiente de correlação é porque os pesquisadores sabem que uma correlação pode ser artificialmente alta pela presença de *outliers*, ou também muito baixa devido, por exemplo, ao modelo linear não ser o mais adequado. O que se faz nestas circunstâncias é examinar o diagrama de dispersão.

A mesma prática é preconizada no MDS, por meio de um gráfico com as proximidades (dissimilaridades) no eixo das abscissas contra as distâncias/disparidades

correspondentes na ordenada. Tipicamente uma regressão mostra como as proximidades e distâncias aproximadas estão relacionadas. Este gráfico é conhecido como Diagrama de Shepard.

A distância entre cada ponto e o ajuste da regressão representa o erro de representação, para aquela proximidade. Como resultado visual tem-se a noção da dispersão dos pontos em relação à função de transformação proximidade em distância.

Basen-Engquist e Edmundson (1996) e Shrivastav (2006) relatam a utilização do coeficiente de determinação do ajuste, R^2 , para avaliar a adequação do modelo linear entre disparidades e distâncias, sendo mais um parâmetro para avaliar se uma determinada dimensão é adequada ou não.

A avaliação da qualidade do ajuste pelo Stress depende do número de pontos – n e da dimensão – d . Por exemplo, Guttman citado por Borg e Grenen (2005) afirma que quando o número de pontos é pequeno em relação à dimensão, os valores de Stress serão sempre baixos.

Outra forma é determinar a dimensão do espaço que não reduza significativamente o valor do Stress, ou seja, resolver o MDS para várias dimensões e representar os valores de Stress no eixo das ordenadas e a dimensão na abscissa. Este gráfico é conhecido como *Scree Plot*. Na Figura 2 apresenta-se um exemplo. A curva obtida é geralmente monotônica decendente, mas a uma taxa muito baixa na medida em que se aumenta a dimensão (curva convexa). O que se busca é o “cotovelo”, o ponto onde decréscimo no Stress se torna menos pronunciado.

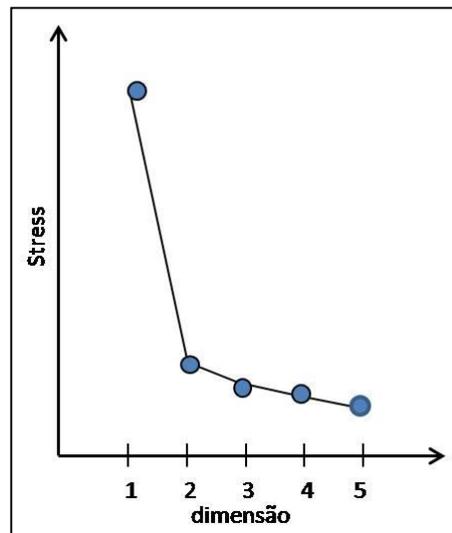


Figura 2. Scree Plot.

Kruskal (1964) apresenta ainda uma regra empírica, assim valor de Stress de 0,2 seria pobre, 0,1 fraco, 0,05 bom e 0,025 excelente e 0,00 perfeito. No entanto não existe nenhuma evidência que justifique a adoção desses valores, pois valores de Stress maiores do que 0,20 podem ser apenas uma consequência de erro alto nos dados (BORG e GROENEN, 2005).

Finalmente, para o julgamento da dimensão a ser utilizada na configuração final dos pontos e conseqüentemente o Stress obtido, Kruskal (1964) apresenta o critério da interpretabilidade, ou seja, se em m dimensões se encontra uma interpretação satisfatória e $m+1$ em nada melhora a interpretação, faz todo sentido fixar em m -dimensões. Ou seja, o valor do Stress ou o R^2 obtidos passam a ser somente uma medida técnica e o MDS deve ser julgado pelo conhecimento prévio da teoria que explica o comportamento dos dados.

Segundo Borg e Groenen (2005) existem três principais formas de interpretação do espaço de soluções do MDS. O primeiro é através do particionamento do espaço de soluções ou de forma equivalente agrupar pontos com características parecidas em um espaço, de forma que esta característica fique evidenciada. Nos casos extremos, verdadeiros *clusters*

são formados (alta similaridade interna e baixa similaridade externa), de forma que existam agrupamentos homogêneos de pontos separados por regiões do espaço em “branco” ou mesmo por dimensões.

Outra interpretação é através da associação entre as novas coordenadas encontradas e alguma escala externa referente aos pontos, de forma que a interpretação seja dada às novas coordenadas a partir das escalas externas, conforme utilizado por Vanlaar, Simpson e Robertson (2008). A escala externa é introduzida no espaço de soluções por meio de regressão linear múltipla entre a variável de interesse e as coordenadas dos pontos.

Existem também os casos onde a configuração geométrica final guarda relação com a teoria que explica determinado fenômeno. Este caso pode ser visualizado no exemplo clássico das cores de Eckman, em que o mapa perceptual do usuário foi construído em relação à percepção do avaliador em relação a posição que cada cor teria em relação a outra (similaridade). A estrutura teórica perfeita seria representada por um círculo, uma vez que para o par vermelho-violeta o avaliador não teria certeza se estaria ao final do vermelho ou do violeta e este fato é mais bem representado por um círculo.

O princípio acima da interpretação regional do mapa perceptual é enfatizado na teoria das facetas. Uma faceta é um esquema usado para classificar os elementos de um domínio de interesse em tipos (por exemplo, a faceta gênero classifica pessoas em masculino e feminino) (BORG e GROENEN, 2005).

A teoria da facetas aplicada ao mapa perceptual pode gerar diferentes padrões de separação dos objetos, conforme citado por Borg e Groenen (2005), denominados de diagramas de facetas, que podem ser axiais, modulares ou polares, conforme Figura 3.

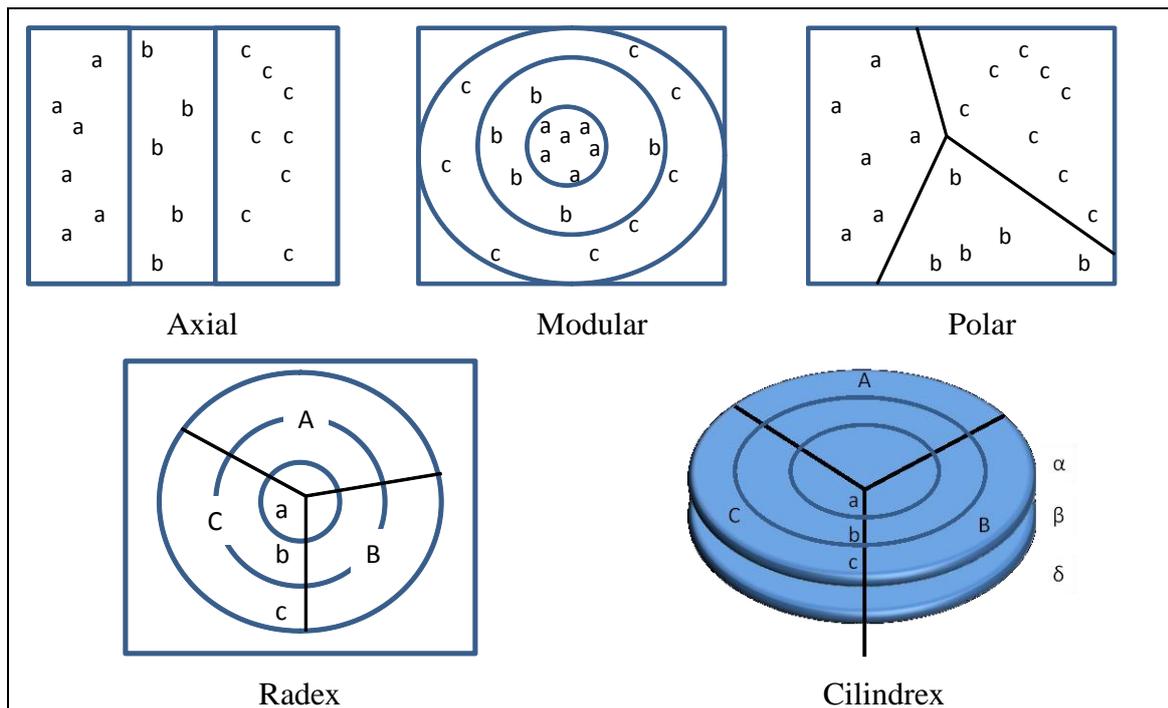


Figura 3. Diagramas para interpretação regional baseado na teoria das facetas.

Em alguns casos específicos pode-se obter a composição destes diagramas de facetas, como no estudo de Guttman e Levy (1991) citado por Borg e Groenen (2005), onde surgem o radex em duas dimensões e o cilindrex em 3 dimensões, para testes de inteligência (Figura 3). A interpretação regional do mapa perceptual utilizando teoria das facetas foi utilizada com sucesso nos trabalhos de Borg e Braun (1996) e Bilsky e Schwartz (2008), o primeiro no que se refere aos valores do trabalho para duas nações distintas e o segundo em estudos de motivação.

Basen-Engquist e Edmundson (1996) sugerem ainda, para auxiliar na interpretação do MDS quando este mostra o melhor ajuste com 3 ou mais dimensões, a utilização de análise de agrupamentos, visando agrupar os objetos.

O MDS pode ser descrito pelo número de modos, (ie, cada conjunto de objetos é definido como modo). Assim um MDS com um único avaliador é considerado de 1 modo. Da mesma forma o MDS pode ser definido pelo número de vias, em que um MDS que

considere diversos objetos avaliados por 1 juiz, é considerado como um modelo MDS de 2 vias, se tivermos mais de um juiz, o modelo passa a ser de três vias (COX e COX, 2000).

Os modelos MDS métrico e não métrico descritos representam soluções para o caso de um modo, e duas vias. Assim não permitem captar a variação entre julgadores. Em muitas ocasiões quando os dados são obtidos a partir de uma série de julgadores, as matrizes de entrada nos modelos MDS representam valores médios da população. No entanto os modelos mais realistas são aqueles que captam a variação da população, conhecidos como modelos de 3 vias.

3.3. Modelos de 3 vias

Os modelos que incorporam a variação da população (ie, julgadores) devem incorporar os conceitos descritos anteriormente, mas também permitir analisar a variabilidade dos dados obtidos no mapa perceptual. Com este intuito apresentam-se duas linhas para solução deste problema, representadas pela análise Procrustes generalizada – (GPA) e pelos modelos MDS de 3 vias – (MDS3V). Na Figura 4 apresenta-se a síntese das duas abordagens. Neste caso o modelo GPA parte de k matrizes de dissimilaridade e, após a redução de dimensões pelo MDS, busca por meio de transformações admissíveis alinhar as diversas configurações e obter uma configuração de consenso, que pode ser utilizada para a construção do mapa perceptual. Os modelos MDS3V, por sua vez, partem também de k matrizes individuais de dissimilaridades e produzem o mapa representativo do grupo com redução de dimensão em uma única vez, produzindo ainda informações adicionais para análise referente aos pesos atribuídos às dimensões assim como rotações idiossincráticas de cada indivíduo k .

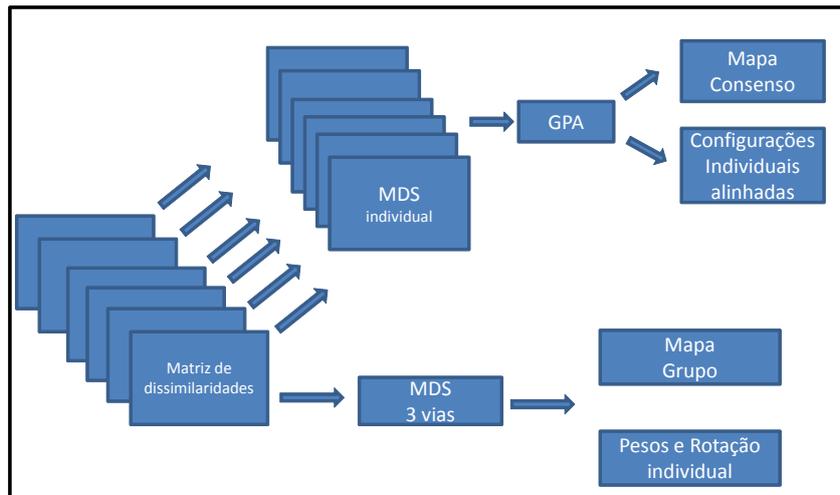


Figura 4. Representação do Modelo GPA e MDS de 3 vias.

3.3.1. Análise Procrustes Generalizada – (GPA)

A análise Procrustes é uma técnica para verificar as discrepâncias de uma configuração para outra, ou seja, dado um espaço final do MDS, é possível compará-lo com outra configuração final, medindo a discrepância entre essas duas configurações.

Suponha que existam m ($n \times p$) configurações X_1, \dots, X_m e que cada i -ésima linha de X_j ($j=1, \dots, m$) contêm as coordenadas $P_i^{(j)}$ no espaço Euclidiano p -dimensional, por exemplo os escores dos atributos de um produto i ($i=1, \dots, n$) pelo avaliador j . Naturalmente considera-se que as m configurações contêm informações sobre os mesmos n objetos nos mesmos p atributos. O objetivo do GPA é determinar em que extensão as m configurações são concordantes. Esse problema segundo Rodrigue (1999) pode ser descrito como a medida da similaridade entre as m configurações, ou confiabilidade inter julgador.

Do ponto de vista matemático, o ajuste de configurações pode ser obtido utilizando transformações específicas, e para resolver o problema é necessário determinar o tipo de transformação a fim de obter uma configuração de consenso, e a segunda questão é o critério para avaliar a qualidade do ajuste obtido a partir das m configurações.

A resposta para estas questões é obtida pela análise procrustes generalizada (GPA), uma extensão da análise procrustes clássica para $m=2$. O GPA faz parte de uma família de

métodos denominados PINDIS, um acrônimo na língua inglesa para Escalonamento Procrustes para Diferenças Individuais. (*Procrustean Individual Differences Scaling*). Nestes métodos algumas transformações lineares são aplicadas às configurações X_j e o critério de mínimos quadrados é utilizado para avaliar o ajuste entre as configurações transformadas de forma otimizada (COMMANDEUR, 1991, e RODRIGUE, 1999).

As transformações permitidas no GPA são translação, rotação/reflexão e escalonamento isotrópico, de forma que as distâncias relativas entre os objetos permaneçam inalteradas. (RODRIGUE, 1999)

Diferentemente da análise Procrustes clássica que visa a ajustar uma configuração teste em relação a uma configuração alvo, o GPA permite o ajuste simultâneo das m configurações a uma configuração comum, referenciada por Rodrigue (1999) e Borg e Groenen (2001), como configuração de consenso, ou espaço de consenso. O espaço de consenso é a média de todas as configurações após as transformações. Desta forma ao invés de examinar todos os $\binom{m}{2}$ pares de configurações, o princípio é generalizar de forma que todas as m configurações sejam simultaneamente transladadas, rotacionadas, refletidas e escalonadas usando um processo iterativo de forma que o critério de ajuste seja minimizado.

A similaridade pode ser expressa segundo Rodrigue (1999) como uma minimização da soma de quadrados das distâncias entre cada um dos mn pontos $Q_i^{(i)}$ (configurações individuais transformadas) e sua configuração centróide (soma de todas as configurações), denotada por Z_i , e o critério de otimização consiste na minimização das distâncias pela aplicação de transformações adequadas as configurações.

A escolha das transformações possíveis também pode ser justificada pela interpretação que se pode dar a elas. Rodrigue (1999) afirma que a translação, rotação/reflexão e escalonamento isotrópico podem ser examinados como uma forma de

identificar as discrepâncias na interpretação do vocabulário, como exemplo a autora cita a característica ou atributo do objeto utilizada por cada avaliador. A translação é equivalente a utilização de blocos na análise de variância – ANOVA, pois ajusta os efeitos dos avaliadores utilizarem diferentes níveis da escala de medida, padronizando a variação de todos os níveis de escore para cada atributo. O escalonamento remove o efeito dos avaliadores utilizarem diferentes faixas da escala, remove qualquer diferença no espalhamento da distribuição de escores de cada avaliador. Finalmente a rotação/reflexão ajusta o uso de diferentes atributos ou combinações de atributos para descrever o mesmo objeto.

A formulação matemática do GPA pode ser descrita da seguinte forma. Seja T_j uma matriz $n \times p$ com todas as n linhas iguais a t_j ($1 \times p$ vetor linha), H_j uma matriz ortogonal $p \times p$ e sejam ρ_j escalares ($j=1, \dots, m$). A translação para uma nova origem é dada pela adição do mesmo vetor linha ($1 \times p$) t_j a toda linha de X_j . O escalonamento, a rotação e a translação podem, portanto ser expressos pela transformação

$$X_j \mapsto \rho_j X_j H_j + T_j \quad (2)$$

3.3.2. Modelos MDS de 3 vias – (MDS-3V)

Segundo Borg e Groenen (2005) o GPA é de interesse limitado na prática, pois uma questão mais interessante seria perguntar se cada configuração individual pode ser representada ajustando a configuração centróide ou de consenso de forma apropriada ao longo de todas as dimensões.

A configuração centróide ponderada para o sujeito k pode ser expressa como ZW_k , onde W_k é uma matriz diagonal de pesos das dimensões, diferentes de zero, e portanto a distância correspondente entre os ponto i e j é:

$$d_{ijk}(ZW_k) = \left[(Z_i - Z_j)^T W_k^2 (Z_i - Z_j) \right]^{1/2} \quad (3)$$

A equação d_{ijk} é denominada distância Euclidiana ponderada.

Uma forma de obtenção do mapa perceptual é partir de k matrizes de dissimilaridades, cada uma de ordem $n \times n$. As k matrizes representam os diferentes avaliadores/ julgadores. Essa situação é retratada na Figura 3.

A partir destas configurações é possível a obtenção da configuração representativa do grupo k , denominada por Borg e Groenen (2005) de espaço do grupo.

A diferença dos modelos MDS-3V e o GPA, é que no caso deste último as k matrizes já representam as configurações no espaço p -dimensional desejado, ao passo que no MDS-3V a obtenção da representação em baixa dimensão é obtida simultaneamente ao espaço do grupo via minimização da função Stress.

Em termos do indivíduo k , o modelo Euclidiano ponderado é:

$$X_k = GW_k \quad (4)$$

onde X_k representa uma configuração individual k .

Esta ideia para explicar diferenças individuais foi introduzida por Horan (1969) e Bloxom (1968) e desenvolvida por Carroll e Chang (1970), denominada modelo INDSCAL (Acrônimo para *INDividual Differences SCALing*) (BORG e GROENEN, 2005).

O modelo é baseado na matriz do produto escalar, similar ao MDS clássico. No MDS clássico busca-se minimizar $\|B_{\Delta k} - XX^T\|^2$

Estendendo para o INDSCAL, a função de perda L_{IND} é

$$L_{IND}(G, W_1, \dots, W_k) = \sum_k \|B_{\Delta k} - GW_k^2 G^T\|^2 \quad (5)$$

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

A função L_{IND} deve ser resolvida para os dois parâmetros \mathbf{G} e \mathbf{W}_k , porém não existe solução analítica e a estratégia INDSCAL é atualizar \mathbf{G} para \mathbf{W}_k fixos e então atualizar \mathbf{W}_k para \mathbf{G} fixo de forma alternada, até a convergência, que segundo Carroll e Wish (1974) e Ten Berge e Kiers (1991) citados por Borg e Groenen (2005), quase sempre representa o ótimo global.

As saídas do modelo INDSCAL resultam no espaço do grupo, que representa o mapa perceptual do grupo e no espaço do sujeito. O espaço do sujeito apresenta os pesos das dimensões, e desta forma é possível verificar diferenças entre os indivíduos pela diferente atribuição de pesos a cada uma das dimensões, assim em duas dimensões pode-se representar conforme Figura 5.

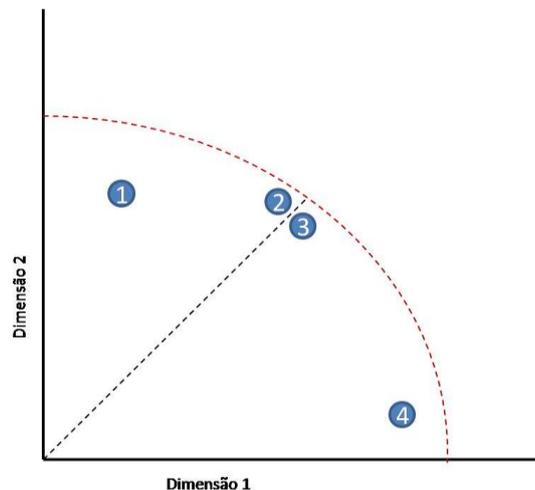


Figura 5. Espaço do Sujeito.

Na Figura 5 observa-se que o sujeito “1” dá maior peso à dimensão 2 e pouco peso à dimensão 1. O sujeito “4” apresenta situação invertida, e os sujeitos “2” e “3” ponderam as duas dimensões de forma muito parecida (ie, mesmo peso), aproximando-se da bissetriz e próximo à linha com raio igual a 1 a partir da origem.

Os pesos no espaço do sujeito, w_{aak} , são normalizados de forma que sua soma de quadrados seja igual à $r^2(X_k, GW_k)$. Essa igualdade é válida se os pesos normalizados,

\bar{w}_{aak} satisfazem $\bar{w}_{aak} = w_{aak}/(\sum_i G_{ia}^2)^{\frac{1}{2}}$. Dessa forma a distância dos pontos no espaço do sujeito a partir da origem corresponde à comunalidade da configuração média ponderada e das configurações individuais. Isto é, se o ponto do indivíduo k fica exatamente na linha circular com raio igual a 1 a partir da origem, tem-se $X_k = GW_k$

O modelo Euclidiano ponderado, representado pelo INDSCAL pode ser generalizado, e o espaço individual ser representado por $X_k = GT_k$, onde T_k é uma matriz (mxm), não necessariamente diagonal. A interpretação do modelo Euclidiano generalizado é dada da seguinte forma: considere a decomposição SVD de T_k , $T_k = P\Lambda Q^T$, então a transformação $GT_k = GP\phi Q^T$ pode ser interpretada como a partir do espaço G , rotacione conforme P e então ajuste suas dimensões por ϕ . Dado que estamos considerando distâncias de GT_k , a rotação final por Q^T é irrelevante. Em resumo, no modelo Euclidiano generalizado cada indivíduo k transforma o espaço do grupo por uma rotação e/ou reflexão e então ajusta a dimensão.

Em contraste ao modelo Euclidiano ponderado, no modelo generalizado cada indivíduo pode ponderar com diferentes pesos cada dimensão do espaço do grupo, desta forma este modelo é menos restritivo.

O modelo generalizado ganhou popularidade com o modelo idiosincrático ponderado, batizado por Carroll e Wish (1974) conforme citado por Borg e Groenen (2005) de IDIOSCAL.

O modelo tem solução analítica a partir da minimização da função L_{IDIO} .

$$L_{IDIO} = (G, T_1, \dots, T_k) = \sum_k \|B_k - GT_k T_k^T G^T\|^2 \quad (17)$$

Hodgkinson (1998) cita que a proliferação de algoritmos eficientes e confiáveis, assim como diversos programas de computador tornaram o modelo de distâncias

Euclidianas ponderadas (ie INDSCAL e IDIOSCAL), um grande avanço aos modelos MDS, devido a grande habilidade dos mesmos em capturar diferenças individuais e do grupo no que se refere à cognição.

A hipótese assumida destas técnicas, conhecidas como MDS de 3 vias, ou ainda escalonamento multidimensional ponderado – (WMDS) é que um grupo de atores compartilham um conjunto comum de dimensões em seus modelos mentais de uma coleção particular de objetos ou estímulos. Entretanto no nível individual (ou subgrupo) os atores diferem em termos da extensão na qual uma dada dimensão é relevante em seu processo de cognição individual, incluindo a possibilidade de relevância zero (HODGKINSON, 1998).

Os modelos MDS3V diferem do MDS de 2 vias e da análise de componentes principais, que representam modelos mentais individuais ou do grupo, mas não os dois simultaneamente. MDS3V resultam em um mapa perceptual agregado de estímulos conhecidos como espaço do grupo e uma série de pesos refletindo fontes de variação na cognição no nível individual. Esses pesos variando de 0 a 1 refletem a extensão na qual uma dimensão particular é saliente no julgamento de um dado indivíduo ou subgrupo, ou, de forma alternativa, a extensão na qual alguma condição particular imposta pelo pesquisador age como fonte de variação na cognição.

O mesmo autor afirma ainda que o significado do espaço do grupo é bem entendido, mas a interpretação dos pesos em uma análise MDS3V é controversa. Sugere que a interpretação dos pesos seja dada por vetores a partir da origem. O tamanho do vetor varia aproximadamente na mesma proporção da variância explicada pelas dimensões representadas no espaço do grupo.

4. Mapas perceptuais no contexto de Risco

Para exemplificar a construção e interpretação do mapa perceptual apresentam-se dois exemplos, um envolvendo um modelo MDS de 2 vias, com utilização de matriz de similaridade e outro utilizando o modelo de 3 vias INDSCAL.

No primeiro exemplo de mapa perceptual tomou-se como base o estudo realizado por Cardoso-Junior (2010), para riscos de acidente de trânsito. A pesquisa foi desenvolvida por meio da aplicação de um questionário semi-aberto, onde os entrevistados deveriam classificar a frequência com que acreditavam que um grupo de 15 fatores de causas de acidentes estavam relacionados aos acidentes de trânsito. A classificação foi feita com base em um escore de 1 a 6, onde 1 indicava nunca e 6 sempre. A partir dos dados dos questionários, produziu-se uma matriz de similaridade dos julgamentos (por correlação de Spearman) e as mesmas foram convertidas para dissimilaridades utilizando a transformação arco cosseno. O mapa foi produzido pelo MDS não métrico.

A definição do número de dimensões neste caso seguiu três passos: 1) análise do diagrama *Scree Plot*, para analisar os valores de Stress obtidos em função da dimensão adotada, 2) diagrama de Shepard e o coeficiente de determinação R^2 e 3) a interpretação dada às dimensões no trabalho de Vanlaar e Yannis (2006), que definiram um mapa perceptual de duas dimensões, sendo a primeira risco percebido e a segunda prevalência percebida, ou seja, neste caso utilizou-se a mesma hipótese formulada pelos autores, confirmando os dados obtidos.

No passo 1, o diagrama *Scree Plot*, Figura 6, demonstra claramente que a dimensão 2 é a que representa o maior ganho na redução do Stress e portanto é uma candidata para a representação do mapa perceptual.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

No Passo 2 o diagrama de Shepard obtido e os valores de R^2 apontam para 5 dimensões como melhor ajuste, $R^2=0,9699$, o que pode também ser verificado pela inspeção visual da Figura 7.

No entanto, a hipótese utilizada para análise dos dados é que os mesmos podem ser representados por duas dimensões conforme Vanlaar e Yannis (2006). A utilização desta hipótese é aceitável, pois a ajuste R^2 para 2 dimensões é de 0,8585.

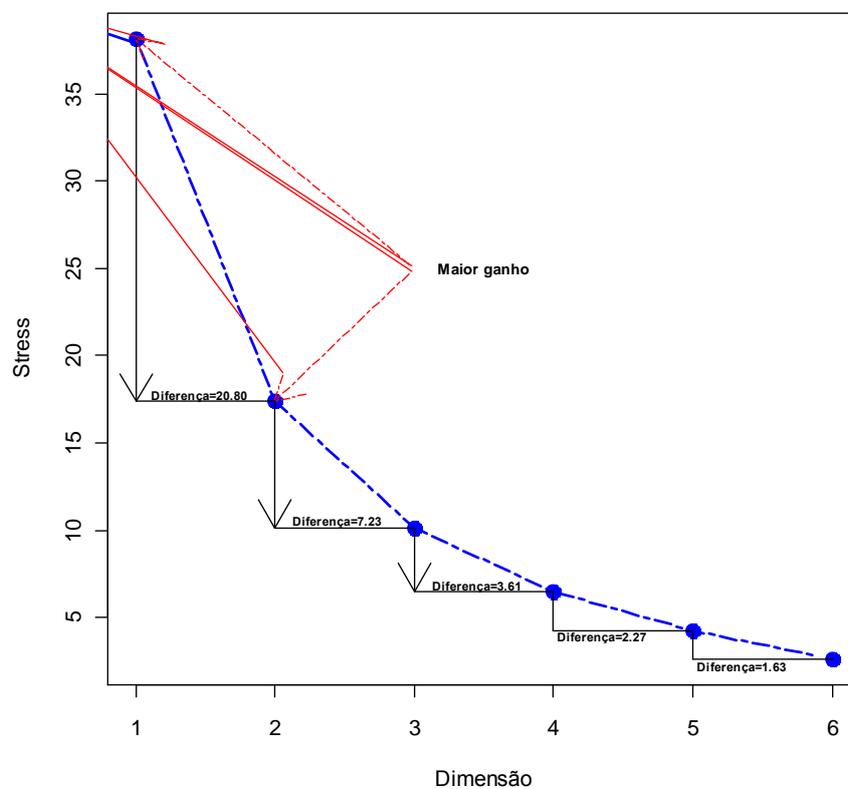


Figura 6. Scree Plot do MDS de 1 a 6 dimensões.

Desta forma o mapa perceptual pode ser representado em duas dimensões, conforme Figura 8.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

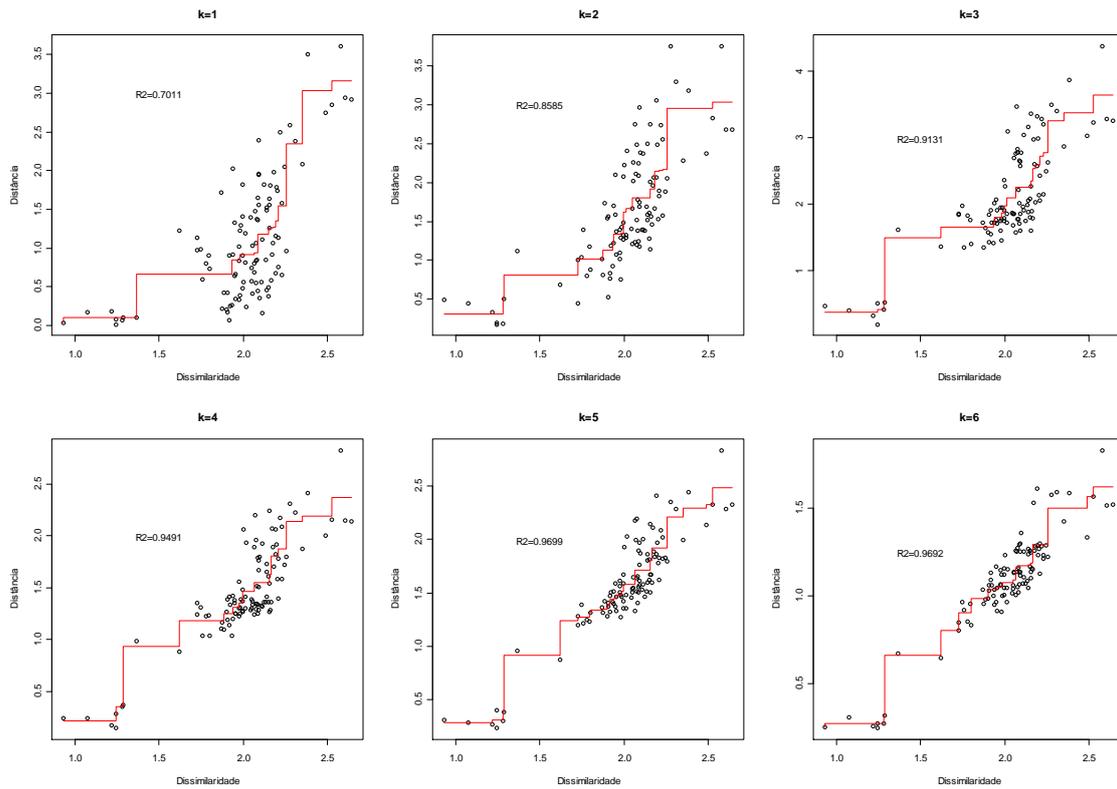


Figura 7. Diagrama de Shepard para seleção do número de dimensões adequadas.

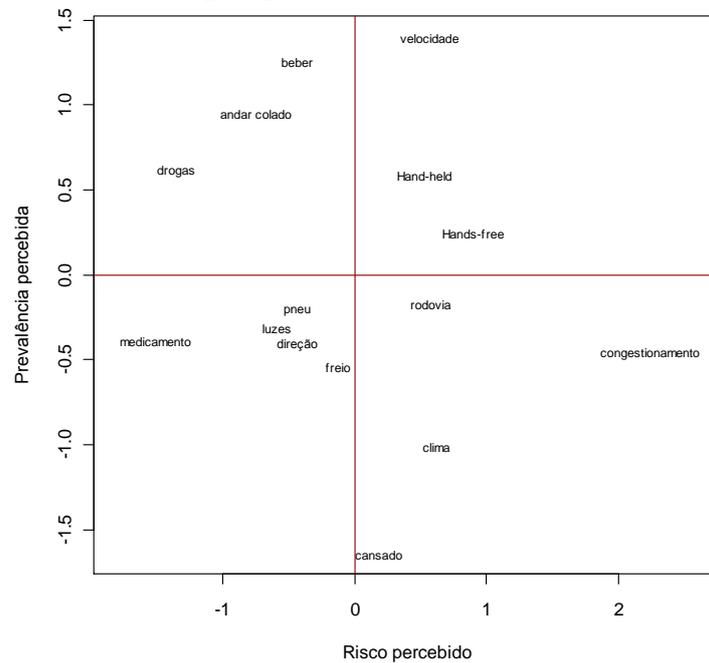


Figura 8. Mapa Perceptual do Risco de Acidentes de trânsito.

A interpretação do Mapa perceptual produzido é que os fatores velocidade, utilização de telefone celular *hand-held* ou *hands-free* têm alta prevalência percebida e alto

risco percebido na população estudada. No quadrante oposto, os fatores Tomar medicamento e dirigir, Pneu careca, Luzes do veículo defeituosas, direção defeituosa e freios representam uma baixa prevalência/risco.

Tais informações são de interesse para os processos de gerenciamento e comunicação do risco, na medida em que fornecem informações de quais itens devem ser reforçados nos programas de gerenciamento e comunicação do risco.

No segundo exemplo de construção de mapa perceptual enfocando risco ocupacional, apresenta-se uma re-análise dos dados obtidos por Cardoso-Junior e Scarpel (2010), para a obtenção do mapa perceptual do risco ocupacional, sob o enfoque do paradigma psicométrico em um grupo de estudantes de pós-graduação na área de segurança do trabalho sobre uma lista de perigos que envolvem 4 facetas representadas por agentes ambientais dos grupos físico, químico, atividades com predomínio de riscos ergonômicos e atividades com riscos diversos e reconhecidamente perigosos.

Para a análise foi utilizado o INDSCAL, uma vez que 13 estudantes-avaliadores participaram da pesquisa, e que, além de obter o mapa perceptual, deseja-se saber se os avaliadores adotam o mesmo peso na avaliação.

Desta forma, obteve-se o espaço do grupo e o espaço do sujeito.

Na Figura 9, o mapa perceptual, também denominado de espaço do grupo, uma vez que representa a percepção de todos os sujeitos, demonstra, conforme relatado por Cardoso-Junior e Scarpel (2010) que as dimensões significativas são: Perigo de Morte e Agentes Ambientais/Atividades, sendo que o primeiro separa as atividades/substâncias que apresentam maior perigo de morte (trabalho em espaço confinado, trabalho em tubulão fechado, mergulho em profundidade e trabalho em altura elevada) e o segundo separa basicamente atividades e agentes ambientais (agentes: mercúrio, amianto, benzeno e atividades: Solda elétrica, colheita florestal, dentre outros). No entanto, esta dimensão

apresenta problemas para alguns agentes tais como ruído, calor e umidade, que estão deslocados do grupo de agentes.

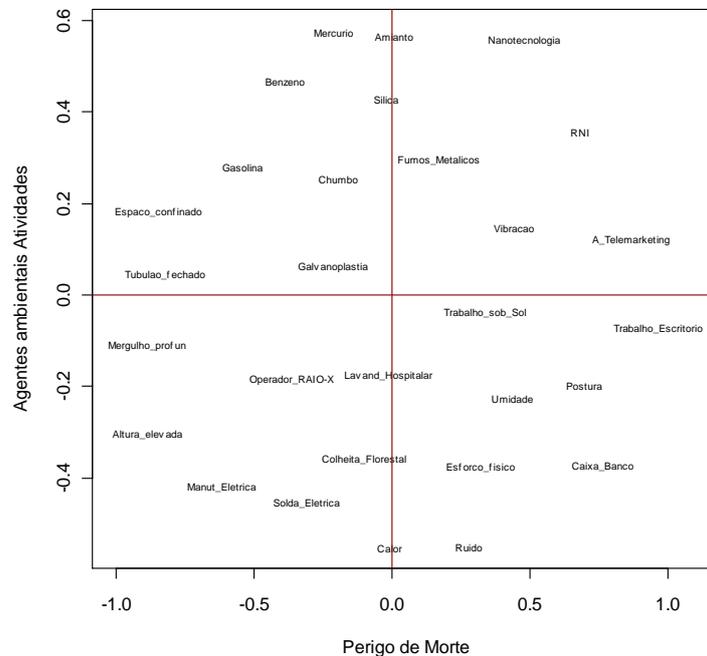


Figura 9. Mapa perceptual obtida via INDSCAL.

Com referência ao espaço do sujeito, é possível identificar que praticamente todos os sujeitos avaliam a dimensão Agentes Ambientais/Atividades com um peso maior do que a dimensão Perigo de Morte, conforme Figura 10. É possível verificar também que nenhuma configuração individual é exatamente igual à configuração do grupo, pois todos estão antes do círculo com raio igual a 1, a partir da origem. A distância do vetor de cada posição à origem aproxima-se da correlação da configuração do grupo e das respectivas configurações individuais.

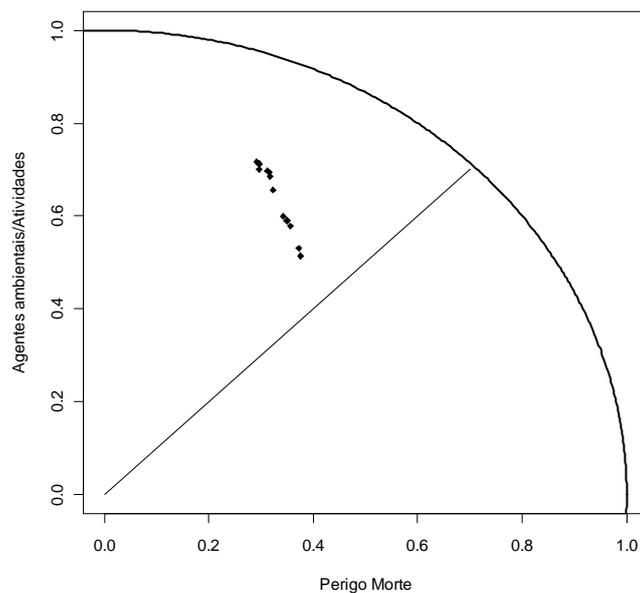


Figura 10. Espaço do sujeito – Pesos das Dimensões.

O mapa perceptual apresentado reflete a estrutura cognitiva dos estudantes, e tem aplicação direta na melhoria das estratégias de ensino, visando a adequar a percepção à realidade, e também para o próprio estudante verificar conflitos, ou tópicos com deficiência de conteúdo e conhecimento.

5. Comentários Finais

O presente trabalho apresentou um breve resumo das aplicações do mapa perceptual e de sua utilização na área de percepção de riscos em geral. O Quadro 1 apresenta o resumo das características de cada modelo apresentado e os resultados que podem ser obtidos com a utilização dos mesmos.

Foram apresentados os principais algoritmos MDS disponíveis, resolução, avaliação da dimensão final encontrada e interpretação, considerando valor da função de Stress, R^2 , diagrama de Shepard, interpretabilidade e a teoria das facetas.

Os modelos de 3 vias partem da ideia de comparar k julgadores, demonstrando as diferenças individuais e o espaço final do grupo ou consensual.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Quadro 1. Modelos para obtenção do mapa perceptual e produtos obtidos.

Modelo	Dados de entrada	Forma de solução	Produtos obtidos	Incorpora variabilidade do grupo
MDS Clássico	Matriz de Dissimilaridade	Solução analítica	Mapa Perceptual de 2-Vias	Não
MDS não métrico	Matriz de Dissimilaridade	Obtida pela minimização da função de Stress	Mapa Perceptual de 2-Vias	Não
INDSCAL	Matriz de Dissimilaridade concatenada	Minimização da função de perda L_{IND}	Mapa Perceptual de 2-Vias (Espaço do Grupo); Espaço do Sujeito	Sim
IDIOSCAL	Matriz de Dissimilaridade concatenada	Minimização da função de perda L_{IDIO}	Mapa Perceptual de 2-Vias (Espaço do Grupo); Matriz de rotação individual (idiossincrática)	Sim
GPA	Configuração Final do MDS Clássico ou não métrico.	Minimização da soma de quadrados das distâncias entre cada um dos pontos das configurações individuais transformadas	Mapa Perceptual de 2-Vias de Consenso; Configurações alinhadas.	Sim

No caso dos modelos MDS3V, aparecem as maiores possibilidades de exploração da variabilidade intrínseca das pessoas, e neste caso o GPA proporciona a possibilidade da análise dos resíduos (ie. ANOVA) referente aos julgadores, atributos (dimensões) e objetos avaliados. Tais análises permitem concluir sobre diferenças significativas entre avaliadores, atributos e objetos. E no caso de diferenças significativas entre os elementos citados a configuração de consenso pode não representar adequadamente aquela população.

Os modelos MDS3V incorporam a possibilidade de análise dos pesos atribuídos as dimensões do subespaço obtido a partir das k matrizes de distâncias obtidas, o que permite concluir a cerca da importância dada pelo avaliador a cada dimensão, permitindo avaliar também a adequação do ajuste do grupo. No caso MDS3V, no entanto, pelo fato da obtenção do espaço do grupo e dos pesos ocorrerem simultaneamente no mesmo algoritmo, perde-se a capacidade de gerar a análise de variância como no caso GPA.

A análise dos mapas perceptuais de risco pelos modelos de 3 vias apresenta um grande potencial também no sentido da comparação das configurações finais, inclusive com o propósito de inferência estatística, uma vez que tais modelos incorporam o erro aleatório. Os algoritmos GPA são na maior parte das vezes mais eficazes do que os MDS3V, devido ao tempo computacional (convergência).

As duas análises apresentadas a título de exemplo de forma alguma exploram todas as possibilidades do mapa perceptual, mas tem o intuito de incentivar estudos e o desenvolvimento de novas métricas de avaliação e interpretação dos mapas gerados, contribuindo assim para processos de gerenciamento e comunicação mais efetivos.

Novos estudos são necessários no sentido de incorporar ao MDS possibilidades de representação na configuração final do erro aleatório (ie, determinar quais objetos diferem entre si estatisticamente), incluindo intervalo de confiança. É necessário também permitir testar hipóteses sobre a configuração final e sua confirmação na teoria das facetas.

A interpretação dos pesos obtidos pelo INDSCAL é uma questão aberta a novos desenvolvimentos, assim como as rotações idiossincráticas do modelo IDIOSCAL.

E, finalmente, a realização de novos estudos sobre percepção de riscos, utilizando os mapas perceptuais e todo o seu potencial de revelação dos dados e informações latentes se faz necessária, uma vez que a bibliografia nacional carece de trabalhos desta natureza.

Agradecimentos

Os autores agradecem a valiosa contribuição dada pelos revisores desta revista.

Referências

- Basen-Enquist, K.; Edmundson, E.W. (1996). Structure of health risk behaviour among high school students. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 64, (4), 764-776.
- Bass, S.B.; Gordon, T.F.; Ruzek, S.B.; Hausman, A.J. (2008). Mapping perceptions related to acceptance of smallpox vaccination by hospital emergency room personnel. *Biosecurity and Bioterrorism: Biodefense Strategy, Practice and Science*, 6, (2), 179-189.

- Bjerkan, A.M. (2010). Health, environment, safety culture and climate - analysing the relationships to occupational accidents. *Journal of Risk Research*, 13, (4), 445–477.
- Borg, I.; Groenen, P. J. (2005). *Modern Mutidimensional Scaling: Theory and Applications*. Springer, New York.
- Borg, I.; Braun, M. (1996). Work values in East and West Germany: different weights, but identical structures. *Journal of Organizational Behaviour*, 17, 541-555.
- Cabral, J.M.; Pinheiro, F.M.; Marrozzi, W.F.; Marchi, L.C. (2010). Red alert program in drilling rigs: A strong decision to show leadership and to involve work force towards zero serious or fatal incidents. Society of Petroleum Engineers - SPE International Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production, Rio de Janeiro, 3, 1648-1655.
- Cardoso-Junior, M.M. (2010). Traffic accidents: perception of traffic risk in a population of university students. In: *ERGODESIGN, 2010, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro*.
- Cardoso-Junior, M.M.; Scarpel, R.A. (2010). Construção do mapa perceptual dos riscos sócio-ambientais utilizando o escalonamento multidimensional. In: *ENEGETP, São Carlos. Anais...São Carlos: ENEGETP*.
- Cox, T. F.; Cox, M. A. (2000). *Multidimensional Scaling (2ª Ed.)*. Chapman & Hall/CRC, London.
- Dos Santos, A. Leta, F.; Velloso, M. (2005). Fatores de risco industrial causado por diferentes percepções de cores devido à diferença de iluminantes. *Produção Online*, 5, (1).
- Hardle, W.; Simar, L. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Springer, Berlin 2ª Ed, 458p.
- Hodgkinson, G.P. Points or vectors? A comment on Irwin et al. “Risk perception and victim perception: The judgement of HIV cases. (2008). *Journal of Behavioural Decision Making*, 11, 73-78.
- Hussin, M.F.; Wang, B. (2010). Industrial safety perception among post-graduate engineering students. *Knowledge-Based Systems*, 23, 769-771.
- Johnsen, S.O.; Okstad, E.; Aas, A.L.; Skramstad, T. (2010). Proactive indicators of risk in remote operations of oil and gas fields. Society of Petroleum Engineers - SPE International Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production, Rio de Janeiro, 2, 804-825.
- Kruskal, J.B. (1964). Nonmetric multidimensional scaling: a numerical method. *Psychometrika*, 29, (2), 115-129.
- Mcgrath, T. (2010). Equipping hazard and risk awareness training course providers with web based virtual reality risk perception measurement simulation tests. Society of Petroleum Engineers - SPE International Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production, Rio de Janeiro, 3, 1803-1808.
- Monteiro, C.M.F.; Dibb, S.; Almeida, L.T. (2010). Revealing doctor’s prescribing choice dimensions with multivariate tools: A perceptual mapping approach. *European Journal of Operational Research*, 201, 909-920.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

- Moreira, J.A.S. (2006). Mapas perceptuais e variações na participação de mercado. Dissertação de Mestrado. Escola de Administração de Empresas de São Paulo – FGV. São Paulo, 166p.
- Neal, W.D. (1988). Overview of perceptual mapping. In: Proceedings of the Sawtooth software conference on perceptual mapping, conjoint analysis and computer interviewing, 1988. Sun Valley. Anais...Sun Valley: Sawtooth, 151-164.
- RENCHER, A. (2002). Methods of Multivariate Analysis. John Wiley & Sons, New York, 738p.
- Rodrigue, N. (1999). A Comparison of the Performance of Generalized Procrustes Analysis and the Intraclass Coefficient of Correlation to Estimate Interrater Reliability. Montreal : McGill University, Dissertação de Mestrado, McGill University.
- Scholten, M. Caldeira, P.Z. (1997). O senso do escalonamento multidimensional. *Análise Psicológica*, 1, (15), 63-85.
- Shrivastav, R. (2006). Multidimensional scaling of breathy voice quality: Individual Differences in perception. *Journal of Voice*, 20, (2), 211-222.
- Shocker, A.D. (1987). Perceptual mapping: its origins, methods and prospects. In: Proceedings of the Sawtooth software conference on perceptual mapping, conjoint analysis and computer interviewing. Anais... Sun Valley: Sawtooth, 121-142.
- Sjoberg, L.; Bjorg-Elin, M.; Rundmo, T. (2004). Explaining risk perception An evaluation of the psychometric paradigm in risk perception research. Rotunde, Trondheim, Norway.
- Slovic, P. (1987). Perception of Risk. *Science*, 280-285.
- Slovic, P. (2001). Risk Perception. Earthscan, London.
- Soares, J. F. S.; Cezar-Vaz, M.R.; Mendonza-Sassi, R.A.; Almeida, T.L.; Muccillo-Baisch, A.L.; Soares, M.C.F.; Costa, V.Z. (2008). Percepção dos trabalhadores avulsos sobre os riscos ocupacionais no porto do Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil. *Cad. Saúde Pública*. 24, (6), 1251-1259.
- Vanlaar, W.; Yannis, G. (2006). Perception of road accident causes. *Accident Analysis and Prevention*. 38, 155-161.
- Vanlaar, W.; Simpson, H.; Robertson, R. (2008). A Perceptual map for understanding concern about unsafe driving behaviours. *Accident Analysis and Prevention*, 40, 1667-1673.
- Wickelmaier, F. (2003). An Introduction to MDS. Acesso em 12 de Fev. de 2009, disponível em <http://perception.inrialpes.fr/~Arnaud/indexation/mds03.pdf>.