USO DE TÉCNICAS MULTICRITÉRIO E MULTIVARIADAS PARA AFERIR O DESEMPENHO PORTUÁRIO BRASILEIRO NA OPERAÇÃO DE TERMINAIS DE CONTÊINERES

Armando Gonçalves Madeira Junior
Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 – CTA - CEP 12.228-900 – São José dos Campos – SP
madeira_ita@yahoo.com.br

Anderson Ribeiro Correia
Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 – CTA - CEP 12.228-900 – São José dos Campos – SP
correia@ita.br

Mischel Carmen Neyra Belderrain
Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 – CTA - CEP 12.228-900 – São José dos Campos – SP
carmen@ita.br

RESUMO

Os serviços portuários são elementos chaves para incrementar o crescimento econômico de um país, pois um porto eficiente contribui para a redução dos custos logísticos das empresas e torna o modal marítimo mais vantajoso em relação aos demais. Para possibilitar uma melhor regulação deste setor estratégico, este artigo apresenta um modelo de avaliação de desempenho dos terminais de contêineres baseado na metodologia multicritério. Para reduzir o número de critérios operacionais e garantir a independência entre eles foi utilizada a análise fatorial. O modelo demonstrou ser satisfatório na ordenação dos terminais de contêineres, considerando os dados relativos a 2007 e 2008, apontando para o decisor, uma avaliação setorial e global, possibilitando a este oportunidades de melhorias e evolução temporal dos serviços portuários.

PALAVRAS CHAVE. Análise Fatorial. Multicritério. Portos. Logística e Transportes.

ABSTRACT

Port services are key elements in enhancing a country's economic growth, as an efficient port helps reduce the logistical costs of companies and makes the maritime mode more worthwhile than the other. To enable better regulation of this strategic sector, this paper presents a model for evaluating performance of container terminals based on multicriteria methodology. To reduce the number of operational criteria and guarantee the independence between them was used to factor analysis. The model has proved satisfactory in the ordering of container terminals, considering the data for 2007 and 2008, pointing to the decision maker, an industry assessment and comprehensive, providing this opportunity for improvement and evolution of port services.

KEYWORDS. Factor Analysis. Multicriteria. Ports. Logistic and Transports.

1. Introdução

O Brasil tem uma extensa faixa costeira e cerca de 98% do comércio exterior brasileiro circula por meio dos portos, movimentando recursos de aproximadamente US$ 100 bilhões por ano, demonstrando assim, a importância estratégica da atividade para a economia brasileira.

Os Serviços Portuários integram a infra-estrutura necessária ao dinamismo dos fluxos do comércio nacional e internacional do Brasil e por ser uma atividade fundamental para o país sofre intervenção estatal pela ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários.

A ANTAQ atua como órgão de regulação e supervisão dos portos organizados e terminais privativos além de implementar as políticas formuladas pelo CONIT – Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte (ANTAQ a , 2010).

Esta agência desenvolveu um Sistema Permanente de Acompanhamento de Preços e Desempenho Operacional dos Serviços Portuários (SDP) para melhor cumprir sua função institucional.

O SDP consiste de um conjunto de equipamentos centrais e periféricos interligados, com procedimentos metodológicos, que permitem o recebimento, a coleta e a triagem de dados e informações sobre as operações portuárias e seus respectivos preços, com capacidade de armazená-los e processá-los, apresentando como resultados, os indicadores operacionais e de preços, necessários à aferição da qualidade dos serviços (ANTAQ a, 2010).

A finalidade do SDP é gerar informações que sirvam de ferramentas para:

- a gestão operacional nos terminais de cada porto participante, detectando possíveis deficiências e possibilitando ações gerenciais de diagnóstico e correção;
- o planejamento do desenvolvimento portuário, detectando tendências e necessidades, com vistas ao dimensionamento adequado da expansão e melhoramento;
- o monitoramento dos resultados decorrentes de medidas e ações estratégicas adotadas pelo Governo Federal ou pelos gestores e operadores de portos e terminais;
- o conhecimento e o controle público do desempenho e dos preços dos serviços portuários oferecidos aos usuários, permitindo a avaliação mais completa de sua qualidade e dos reflexos nos custos totais de transporte;
- a regulação, através da ANTAQ e dos demais órgãos incumbidos legalmente dessa função, da atividade econômica de utilização de instalações e exploração portuária desenvolvida pelas autoridades portuárias e pelos diversos agentes operacionais – arrendatários de instalações, operadores portuários e outros prestadores de serviços (ANTAQ, 2010);

Como se pode observar, o SDP e a sistemática de avaliação portuária da ANTAQ preocupam-se exclusivamente com preços dos serviços portuários e indicadores operacionais onde existem graus de dependência entre si. Atualmente, a avaliação de desempenho de serviços de transporte de carga não mais considera apenas a componente operacional, está transcendendo ao mercado "considerando os impactos sociais e ambientais que a organização gera no meio em que está inserida" (Caixeta-Filho, 2001).

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia para avaliação de desempenho de terminais portuários de contêineres considerando os dados operacionais e de preços relativos a 2007 e 2008 (ANTAQ, 2008), o grau de integração ao SDP, e a sustentabilidade (questão ambiental e da segurança do trabalho).

O modelo proposto baseia-se na abordagem multicritério (MCDA) que utiliza, em particular, o método MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*). A aplicação da técnica multivariada da análise fatorial serviu para reduzir a

dimensão dos indicadores operacionais e garantir a interdependência mútua entre eles para o correto emprego da abordagem MCDA.

2. Metodologia

O problema a ser modelado é classificado como não estruturado (Mingers e Rosenhead, 2004), sendo mais adequado utilizar um método que considere uma visão *soft* da Pesquisa Operacional (PO), onde a idéia do problema é deslocada para a percepção do observador (natureza subjetivista) segundo o paradigma do construtivismo (Ensslin *et al.*, 2005).

Desta forma é pertinente utilizar métodos multicritérios discretos porque as alternativas são finitas (portos) e nenhuma delas domina as outras em todas as perspectivas (critérios). O modelo de avaliação de desempenho aplicado é baseado na abordagem de critério único de síntese que consiste em determinar as funções de valor (utilidade) para cada critério e a taxa de substituição (*trade-off*) entre os critérios. Dentre os métodos disponíveis baseados nesta abordagem e que considera a problemática da ordenação para gerar um *ranking* com as alternativas, foi utilizado o MACBETH. Ele determina a função de valor que melhor representa os julgamentos do decisor por Programação Linear (PL). Uma formulação de problema de PL elimina as inconsistências, e outro calcula as taxas de substituição entre os pontos de vista (critérios), bem como o nível de impacto das alternativas para cada ponto de vista (Bana e Costa *et al*, 2008).

O sistema de avaliação foi estruturado segundo os dados dispostos no SDP, adotando a abordagem do *Alternative-Focused Thinking* – AFT (Keeney, 1992) que resultou na árvore hierárquica de valores da Figura 1. A análise fatorial foi utilizada para reduzir o número de indicadores operacionais 8 subcritérios (muitos com grau de dependência) para 3, provenientes dos fatores comuns, os quais obedecessem ao requisito da interdependência mútua.

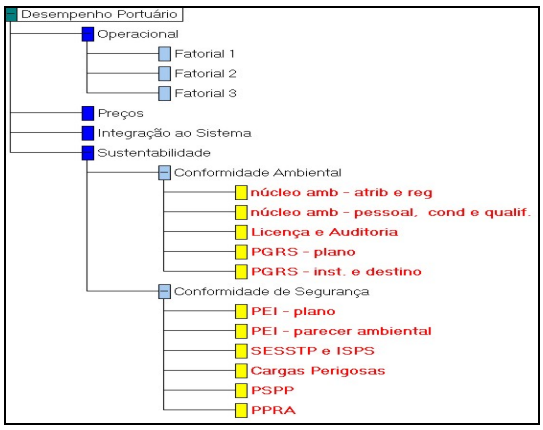

Figura 1 - Árvore de Valores

2.1 Análise Fatorial

A análise fatorial é uma técnica multivariada de interdependência que tem o propósito de reduzir a dimensão das variáveis originais de forma a se obter uma simplificação na estrutura eliminando a redundância informativa (Dantas e DeSouza, 2008).

Ela parte da estrutura de dependência existente entre as variáveis de interesse (matriz de correlações ou covariâncias entre essas variáveis), permitindo a criação de um número menor de variáveis (variáveis latentes ou fatores comuns ou construtos) obtidas como combinação linear das variáveis originais que explicam partes da variabilidade dos dados, segundo a Equação 1. O número máximo de fatores comuns é menor que a metade do número de indicadores (variáveis) (Sharma, 1996).

$$x = \Lambda.\xi + \varepsilon \quad (1)$$

em que x é o vetor de indicadores, Λ é a matriz de cargas fatoriais, ξ é o vetor de fatores comuns e ε é o vetor de fatores específicos.

Na composição do fator comum tem que as variáveis mais correlacionadas se combinam dentro do mesmo fator. Esses fatores tornam-se independentes e não correlacionados entre si. A derivação dos fatores se processa visando maximizar a porcentagem de variância total relativa a cada fator consecutivo. A Equação 2 apresenta a formulação do PPL da análise fatorial.

$$\text{FO Min Tr } (\Psi) \quad (2)$$

$$\text{s.a. } \Psi = \Sigma - \Lambda\Lambda' \quad (2)$$

onde Σ é a matriz de correlação dos indicadores, Λ é matriz de cargas fatoriais e Ψ é a matriz dos fatores específicos.

Por intermédio do peso das cargas fatoriais, é possível determinar o quanto cada fator comum está associado a um conjunto de variáveis e, por conseguinte, a sua interpretação. E ao calcular o quanto que o conjunto de fatores comuns explica da variabilidade geral dos dados originais se afere a significância da redução da dimensão.

São hipóteses da análise fatorial: o valor esperado dos indicadores, fatores comuns e dos fatores específicos é zero; a variância dos indicadores e dos fatores comuns é 1; e os fatores únicos não são correlacionados entre si e nem com os fatores comuns (Sharma, 1996).

É possível efetuar a rotação dos fatores com a finalidade de melhor definir as relações entre as variáveis e os fatores comuns, a rotação ortogonal (ex: método varimax) preserva a independência entre os fatores e não afeta a comunalidade (variância compartilhada) e nem os fatores específicos. O efeito final de rotacionar a matriz fatorial é redistribuir a variância dos primeiros fatores para os últimos com o objetivo de atingir um padrão fatorial mais simples e mais significativo (De Moraes e Abiko, 2006).

2.2 MACBETH

MACBETH é uma abordagem interativa, baseado na teoria da utilidade multiatributo (MAUT), que utiliza decisões semânticas sobre as diferenças de atratividade de vários estímulos para apoiar o decisor quantificar esta diferença relativa de cada um (Bana e Costa e Chagas, 2004).

O problema é desenvolvido por este método em três fases: estruturação, avaliação e recomendações. A fase de estruturação consiste em: identificação dos pontos de vista fundamentais (PVF) relevantes e organização da árvore de valores hierárquica; construção de um descritor de impacto para cada PVF para torná-lo operacional para possibilitar a avaliação das ações potenciais. A fase de avaliação compreende: construção da função de valor para cada PVF baseado nos diversos níveis dos descritores; cálculo da taxa de substituição de cada PVF; e atribuição do nível de impacto das ações potenciais em cada PVF, com o auxílio dos descritores, estabelecendo a avaliação local; realização da agregação aditiva das avaliações locais para o cálculo da avaliação global. Na fase de recomendações é realizada a análise de sensibilidade para validação do modelo pelo exame do impacto da variação da taxa de substituição de um PVF no *ranking* global das ações potenciais (Mateus *et al*, 2008).

A árvore de valores normalmente é obtida após a análise dos *clusters* de um mapa cognitivo, conforme a similaridade e a força das ligações entre os conceitos. Para se identificar os PVF na árvore de valores, é verificado se os candidatos a PVF preenchem as seguintes

propriedades: essencial, controlável, completo, mensurável, operacional, isolável, não redundante, conciso e compreensível (Ensslin *et al*, 2001).

A Figura 1 apresenta a árvore do modelo de avaliação proposto, consistindo de 5 PVF (operacional, preços, integração ao SDP, conformidade ambiental e conformidade de segurança). O PVF operacional é decomposto por pontos de vista elementares PVE resultantes da análise fatorial (fatores comuns 1, 2 e 3). O PVF sustentabilidade é composto pelos clusters conformidade ambiental e de segurança. A conformidade ambiental é formado pelos PVE: núcleo ambiental (NA), licença e auditoria ambiental, e plano de gerenciamento de resíduos sólidos (PGRS). A conformidade de segurança é dividido nos PVE: programa de prevenção de riscos ambientais (PPRA), plano de emergência individual (PEI), plano de segurança pública portuária (PSPP), cargas perigosas, conformidade ISPS Code e serviço de segurança e saúde do trabalhador portuário (SESSTP).

Os descritores são um conjunto de níveis que servem como base para descrever impactos plausíveis das ações potenciais em termos de cada PVF. Existem 3 tipos de descritores: naturais ou diretos (níveis de impacto refletem diretamente os efeitos), *proxy* ou indiretos (refletem as causas) e construídos (os níveis de impacto são definidos como combinação finita de níveis de referência). Podem ser classificados, adicionalmente como: quantitativos e qualitativos; contínuos e discretos (Mateus *et al*, 2008).

O sistema de avaliação portuária possui descritores diretos quantitativos contínuos para os PVF operacional e preços, e descritores construídos qualitativos discretos para os demais PVF.

A fase de avaliação inicia com o facilitador realizando questionários ao decisor para estabelecer a função de valor para cada PVF. Primeiramente as ações potenciais ou os níveis dos descritores são organizados em ordem decrescente de atratividade. Depois é preenchida a matriz de julgamento (diagonal superior) segundo os valores do decisor, comparando a diferença de atratividade entre cada par das ações (alternativas), segundo as categorias semânticas: indiferente, muito fraco, fraco, moderado, forte, muito forte e extremo. São realizadas m (m-1)/2 juízos qualitativos para se obter a matriz completa, é possível o cálculo da escala MACBETH apenas com a primeira linha completa da matriz de julgamento, porém com baixo nível de acurácia.

Preliminarmente, o facilitador pode verificar a consistência semântica da matriz de julgamento observando se os valores das linhas crescem da esquerda para direita e os da coluna decrescem de cima para baixo.

O método MACBETH verifica a consistência semântica da matriz de julgamento e calcula a escala cardinal por meio de problemas de programação linear (maiores detalhes da formulação matemática em Bana e Costa *et al*, 2005) que atenda as seguintes condições (3):

Se a_1 é mais atrativo que a_2, então: $v(a_1) > v(a_2)$ (3)
Se a_1 tem a mesma atratividade que a_2, então: $v(a_1) = v(a_2)$
Se a diferença de atratividade entre a_1 e a_2 é maior que a diferença entre a_3 e a_4, então: $v(a_1) - v(a_2) > v(a_3) - v(a_4)$

Na Figura 2, o programa M-MACBETH, diante da matriz de julgamento dos descritores qualitativos discretos do PVE NA1, verifica a consistência dos julgamentos, o que possibilitou o cálculo da função de valor para os níveis de impacto. Foi atribuído para N1 o nível bom (100) e para N9 o nível neutro (0).

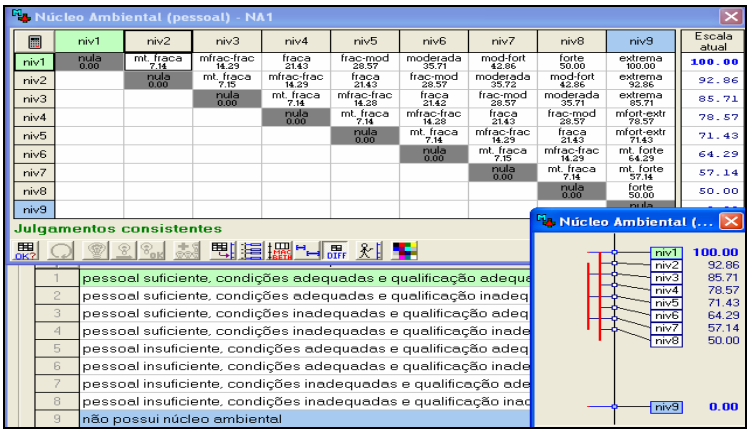

Figura 2 – Matriz de Julgamento, descritores construídos e escala de valor do PVE NA1

Analogamente ao que foi efetuado para as ações potenciais para atribuição da função de valor, é realizado o mesmo procedimento para a atribuição das taxas de substituição entre os PVF/PVE. O programa apresenta um intervalo de valores para as taxas de substituição (variáveis de decisão) que não altera a solução do problema da programação linear, possibilitando a interação com o decisor na escolha das taxas, bem como é uma informação relevante para ser utilizada na análise de sensibilidade (Figura 3).

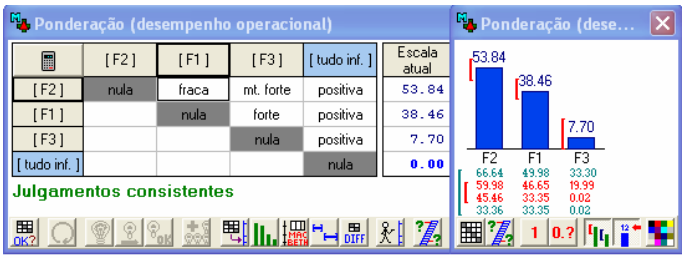

Figura 3 – Matriz de Julgamento e histograma das taxas de substituição a luz do PVF Operacional

Determinadas todas as atratividades locais das ações potenciais é realizada a agregação aditiva dos PVF para estabelecimento da avaliação global das ações, conforme a Equação (4).

$$V(a_j) = \sum W_j * [V_{PVFj}(a)] \; ; \; \sum W_j = 1 \; ; \; 0 \le W_j \le 1, \; j = 1,..,n \qquad (4)$$

Onde W_j é a taxa de compensação para o PV (V_{PVFj}).

3. Resultados Obtidos

As ações potenciais (alternativas) que foram analisadas pelo modelo proposto são os portos organizados e terminais de contêineres que apresentaram dados completos para todos os atributos utilizados pela modelagem, constantes do relatório da ANTAQ referente aos anos de 2008 e 2007 (ANTAQ, 2008).

O PVF operacional é composto pelos seguintes indicadores operacionais constantes do relatório (ANTAQ, 2008): freqüência de navios (nv), quantidade movimentada (un), atendimento

ao tráfego (%), consignação média (un/nv), prancha média (un/h), tempo médio de espera (h/nv), desbalanceamento ou *imbalance* (% de exportado) e relação cheio/vazio (% de cheio).

É evidente que tais indicadores não são mutualmente independentes, propriedade dos PVF/PVE que impossibilitaria a correta aplicação da agregação aditiva. Para garantir esta propriedade foi aplicado nos dados originais devidamente normalizados (parâmetro subtraído da média e dividido pelo desvio padrão) a técnica multivariada da análise fatorial. Foram obtidos 3 fatores comuns, cuja correlação entre eles é nula, Desta forma houve uma redução do número de critérios de 8 para 3 o que resulta na comparação par a par da matriz de julgamento para atribuição das taxas de substituição de 28 para 6, além de reduzir o número de matrizes de julgamento na análise das ações potenciais em face dos critérios de 8 para 3. Portanto há uma redução significativa no trabalho executado pelo decisor no estabelecimento da modelagem multicritério.

O programa estatístico R calculou as cargas fatoriais atinente ao problema (Figura 4) o que permite a interpretação das novas variáveis. Neste sentido, o fator comum 1 representa a intensidade de tráfego no porto que engloba os indicadores freqüência de navios e quantidade movimentada. O fator 2 é interpretado como produtividade pois é relevante as cargas atinentes a atendimento ao tráfego, consignação média, prancha média e tempo médio de espera. E o fator 3 dispõe sobre o *status* do contêiner (desbalanceamento e relação cheio/vazio). As novas variáveis correspondem a mais de 67% da variância dos dados originais.

```
Loadings:
           Factor1 Factor2 Factor3
freq        0.995
gdade       0.864   0.390
atend              -0.416
consig      0.213   0.704
prancha     0.625   0.685  -0.120
t.espera   -0.356  -0.391
imbalance          -0.219   0.973
cheio.vaz           0.278   0.713

                 Factor1 Factor2 Factor3
SS loadings        2.303   1.573   1.497
Proportion Var     0.288   0.197   0.187
Cumulative Var     0.288   0.484   0.671
```

Figura 4 – Cálculo das cargas fatoriais e da variância para 3 fatores comuns

O programa M MACBETH estabeleceu a função linear de valor, onde foi atribuído o nível bom para os maiores valores dos *scores* fatoriais atinentes a cada fator comum e o nível neutro para o pior valor.

O PVF preços consiste do preço médio dos serviços portuários para os principais produtos movimentados em cada porto com base em amostragem de atracações dos navios lançados no SDP. As despesas são compostas de preços públicos (despesas portuárias, e tarifa de utilização de faróis - TUF, Fundo para Aparelhamento e Operacionalização das Atividades-fim da Polícia Federal – FUNAPOL, livre prática - documento da Vigilância Sanitária liberando a atracação da embarcação) e privados (manuseio, e entrada e saída). Para o cálculo da função de valor, o menor preço dos portos analisados foi atribuído nível bom e o menor, o nível neutro.

O PVF integração avalia a freqüência e pontualidade com que os dados são inseridos no SDP da ANTAQ pelas administrações portuárias. A ANTAQ, segundo metodologia própria, agrega a pontuação atinente a freqüência e pontualidade, calcula uma nota de integração (N_{SDP}) atinente ao porto avaliado que varia de 0 a 10. Conforme a nota obtida pelo porto, eles são classificados em 5 categorias: não cadastrado, insuficiente, regular, bom e excelente grau de integração. Estas categorias que são *outputs* do relatório (ANTAQ, 2008), foram considerados

como os níveis de impacto do descritor atinente a este PVF e calculados pelo MACBETH a função de valor da diferença de atratividade de cada categoria.

A ANTAQ desenvolveu um Sistema Integrado de Gestão Ambiental (SIGA) que tem como objetivo valorização do elemento humano e preservação do meio ambiente, visto que a atividade portuária é considerada potencialmente poluidora pelo ordenamento jurídico brasileiro. Esta autarquia efetua vistorias nos portos coletando dados para o SIGA que foram consolidados relatório ambiental (ANTAQ b, 2010) apresentado no *workshop* do projeto Desport/Rio Grande. Por meio da abordagem MCDA o PVF sustentabilidade pode ser avaliado.

A Figura 5 apresenta a agregação aditiva do desempenho dos terminais em cada PVF em face das taxas de substituições (pesos) pelo programa M MACBETH, conforme a fórmula (3).

Tabela de pontuações

Opções	Global	OPE	P$	Int	Sus
[tudo sup.]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
STc7	85.67	86.72	100.00	54.55	68.92
STc	84.91	94.74	83.27	54.55	68.92
ST77	72.15	73.87	75.15	54.55	68.92
ST5	66.54	64.27	72.31	54.55	68.92
ST7	66.31	63.39	73.07	54.55	68.92
ItT	64.48	54.66	62.72	81.82	93.69
STd	64.13	55.42	79.35	54.55	68.92
RG7	62.58	55.14	63.74	100.00	67.62
ItT7	62.52	53.79	57.37	81.82	93.69
RG	62.23	58.39	56.82	100.00	67.62
ViT	61.97	67.84	60.94	54.55	47.19
ItC	61.52	46.24	67.10	81.82	93.69
ST57	61.51	62.91	57.10	54.55	68.92
SFP	60.00	47.33	66.48	100.00	71.39
ItC7	56.69	39.72	61.59	81.82	93.69
SPu	53.35	55.16	42.09	54.55	68.92
ViT7	53.25	55.69	51.68	54.55	47.19
SIT7	52.66	41.59	63.11	81.82	55.95
STd7	51.02	50.31	42.44	54.55	68.92
Imb	50.76	39.26	50.29	81.82	76.40
Sua	50.33	44.45	40.39	54.55	88.63
SPu7	48.92	45.93	42.74	54.55	68.92
Sua7	48.45	42.77	36.78	54.55	88.63
Man7	48.17	40.39	67.41	54.55	33.76
For7	45.56	25.80	50.49	81.82	86.70
For	45.48	26.69	44.14	100.00	86.70
Par	44.77	36.46	56.11	54.55	46.32
SFT	44.65	29.25	44.39	100.00	71.39
Bel7	42.45	26.37	48.84	54.55	79.91
Bel	42.40	20.89	58.25	54.55	79.91
SIT	40.99	27.36	47.14	81.82	55.95
Imb7	39.20	25.47	33.97	81.82	76.40
SIP	37.41	31.57	27.27	81.82	55.95
Man	36.64	32.02	41.69	54.55	33.76
VCo7	35.18	27.31	38.08	54.55	47.27
Nat	33.65	12.52	46.09	100.00	49.59
Nat7	32.22	9.65	46.09	100.00	49.59
SIP7	32.13	21.00	27.27	81.82	55.95
VCo	31.79	19.90	39.18	54.55	47.27
[tudo inf.]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pesos :		0.5000	0.2857	0.0714	0.1429

Figura 5 – *Ranking* do Desempenho portuário segundo o modelo proposto

A Tabela 1 consolida os resultados obtidos pela modelagem, analisando dois períodos, e a ordenação conforme o critério de avaliação da ANTAQ que leva em conta apenas a questão operacional e dos preços. Pode-se observar que 58,82% dos portos analisados melhoraram suas performances de 2007 para 2008, o porto de Manaus (público) é que sofreu maior redução de desempenho provocada pela concorrência com os terminais privados de contêineres de Chibatão e SuperTerminais. O porto de Suape teve um aumento de produtividade pela disponibilização de

mais um berço. A crise financeira que iniciou em dezembro de 2007 pode ter influenciado na queda de performance dos demais portos. O resultado encontrado pelo modelo proposto é similar ao da ANTAQ em virtude da alta atratividade do PVF operacional segundo a avaliação do decisor. As grandes alterações no ranking foram provocadas pela inserção dos PVF integração, conformidades ambientais e segurança. Os portos de Itajaí e Santos (margem direita) é que sofreram maiores variações de ordem devido ao primeiro ter desempenho próximo ao nível bom e o segundo próximo ao nível neutro.

Tabela 1 – Comparação do *Ranking* do Desempenho

Porto	Abreviatura		Modelo Proposto		Ordem ANTAQ
	2008	2007	2008	2007	
Santos Tecon	STc	STc7	1º (84,91)	1º (85,67)	1º
Santos Libra T-35	ST5	ST57	2º (66,54)	5º (61,51)	3º
Santos Libra T-37	ST7	ST77	3º (66,31)	2º (72.15)	2º
Itajaí Teconvi	ItT	ItT7	4º (64,48)	4º (62,52)	10º
Santos Tecondi	STd	STd7	5º (64,13)	8º (51,02)	6º
Rio Grande Tecon	RG	RG7	6º (62,23)	3º (62,58)	5º
Vitória TVV	ViT	ViT7	7º (61,97)	7º (53,25)	9º
Itajaí Cais Comercial	ItC	ItC7	8º (61,52)	6º (56,69)	7º
São Francisco do Sul Pub	SFP	---	9º (60,00)	---	8º
Santos margem direita	SPu	SPu7	10º (53,35)	10º (48,92)	4º
Imbituba	Imb	Imb7	11º (50,76)	15º (39,20)	12º
Suape Tecon	Sua	Sua7	12º (50,33)	11º (48,45)	16º
Fortaleza	For	For7	13º (45,48)	13º (45,56)	14º
Paranaguá TCP	Par	---	14º (44,77)	---	13º
São Francisco do Sul Tecon	SFT	---	15º (44,65)	---	---
Belém	Bel	Bel7	16º (42,40)	14º (42,45)	11º
Salvador Tecon	SlT	---	17º (40,99)	---	19º
Salvador	SlP	SlP7	18º (37,41)	21º (32,13)	---
Manaus SNPH	Man	Man7	19º (36,64)	12º (48,17)	17º
Natal	Nat	Nat7	20º (33,65)	20º (32,22)	15º
Vila do Conde	VCo	VCo7	21º (31,79)	19º (35,18)	18º

A Figura 6 apresenta a análise de sensibilidade do programa M MACBETH, analisando os dados dos portos de 2008, variando a taxa de substituição do PVF operacional gerou inversão de ordem entre os portos de Itajaí Comercial e Vitória quando a taxa foi diminuída de 50% para 48,9% (-2%). Ocorreu inversão entre os portos de Paranaguá e São Francisco do Sul quando a taxa foi aumentada para 51,4% (3%). Considerando que existem vários portos com avaliações de desempenho similares e com a variação dos pesos na análise de sensibilidade indicou pequenas mudanças no *ranking*, conclui-se que o modelo é robusto.

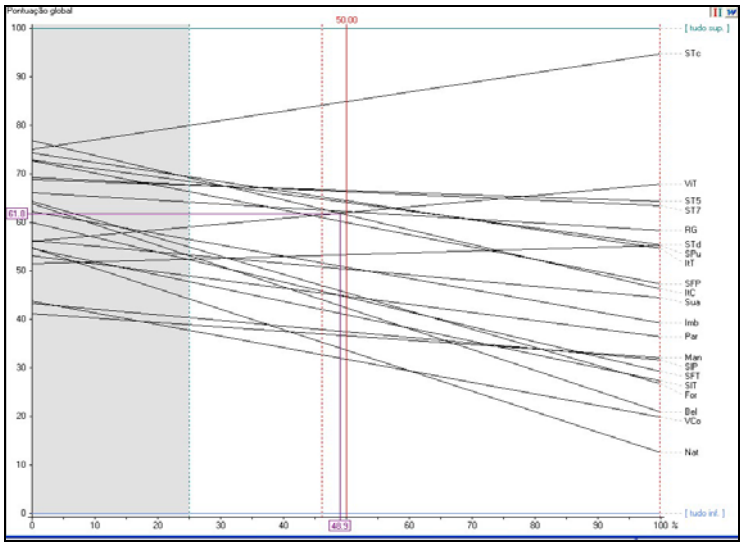

Figura 6 – Análise de Sensibilidade atinente a taxa de substituição do PVF Operacional

4. Conclusões

O modelo proposto possibilitou uma avaliação mais completa dos portos integrando dados do SDP e SIGA. Nos dias atuais é essencial que uma análise de desempenho da atividade portuária possua considerações a respeito da sustentabilidade (meio ambiente e segurança), apoiando o órgão regulador em sua missão. A abordagem utilizada contribui para o aprimoramento dos serviços portuários, pois possibilita o *benchmarking* entre os serviços de diferentes portos, onde o menos eficiente em uma determinado PVF poderá analisar as boas práticas do porto avaliado como paradigma em determinado setor.

O emprego dos descritores no modelo multicritério proporciona a redução do número de comparações par a par das alternativas (21 portos), inclusive integrando a análise o desempenho de outros períodos sem necessitar o auxílio do decisor para estabelecer a diferença de atratividade entre as novas alternativas inseridas.

O uso da técnica multivariada da análise fatorial reduziu o número de PVE e garantiu a interdependência mútua dos novos PVE (fatores comuns), possibilitando o emprego da agregação aditiva.

5. Referências

ANTAQ - Agência Nacional de Transporte Aquaviário. 2008. Disponível em <http://www.antaq.gov.br/portal/desempenhoportuario/documentos/relatoriodesempenhoportuario2008.pdf >. Acesso em 16 Mar. 2010.

ANTAQ a - Agência Nacional de Transporte Aquaviário. Disponível em <http://www.antaq.gov.br/portal/pdf/palestras/luizagusmaoavaliacaoambientalprojdesportriogrande08.pdf >. Acesso em 16 Mar. 2010.

ANTAQ b - Agência Nacional de Transporte Aquaviário. Disponível em <http://www.antaq.gov.br/Portal/DesempenhoPortuario/Index.asp>. Acesso em 5 Abr. 2010.

Bana e Costa, C.A. *et al.* (2008). Prioritization of Bridges and Tunnels in Earthquake Risk Mitigation using Multicriteria Decision Analysis: Application to Lisbon. *Omega,* 36, 442– 450.

Bana e Costa, C. A., Chagas, M. P. (2004), A career choice problem: An example of how to use MACBETH to build a quantitative value model based on qualitative value judgments, *European Journal of Operational Research,* 153, 323–331.

Bana e Costa, C. A., De Corte, J. M., Vansnick J.C. On the Mathematical Foundation of MACBETH. In Figueira, J., Greco, S. and Ehrgott, M., *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, 409-443. Springer Verlag, Boston, Dordrecht, London, 2005.

Caixeta-Filho, J. V. *Gestão logística do transporte de cargas*, Atlas, São Paulo, 2001.

Dantas, R. F., DeSouza, S. A. (2008), Modelo de risco e decisão de crédito baseado em estrutura de capital com informação assimétrica. *Pesquisa Operacional*, 28, 263-284.

De Moraes, O. B., Abiko, A. K. (2006) Utilização da análise fatorial para a identificação de estruturas de interdependência de variáveis em estudos de avaliação pós-ocupação. *In: XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído*, Florianópolis.

Ensslin, L., Montibeller, G. N. e Noronha, S. M. *Apoio à Decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas*, Insular, Florianópolis, 2001.

Ensslin S. R. *et al.* (2005), Visão Hard ou visão Soft da Pesquisa Operacional? Reflexões sobre posturas e procedimentos *In: XII Simpósio de Engenharia de Produção*. Bauru.

Keeney R. L. *Value-Focused Thinking: A Path To Creative Decision-Making,*. Harvard Univ. Press, Cambridge, 1992.

Mateus, R. *et al.* (2008), Multicriteria Decision Analysis (MCDA): Central Porto High-Speed Railway Station. *European Journal of Operational Research*, 187, 1–18.

Mingers, J., Rosenhead, J. (2004)**,** Problem Structuring Methods in Action. *European Journal of Operation Research*, 152, 530 - 554.

Sharma, S., *Applied Multivariate Techniques*, Wiley, New York, 1996.