



## **Análise Locacional de Terminais Hidroviários utilizando o Método SMARTER: O Caso da Hidrovia Brasil Uruguai**

**Aline Samá Pinto**

*(Universidade Federal do Rio Grande)*

**Milton Luiz Paiva de Lima**

*(Universidade Federal do Rio Grande)*

**Vagner Euzébio Bastos**

*(Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suchow da Fonseca)*

### **Resumo**

A possibilidade de reativação da navegação na Lagoa Mirim e nos rios Jacuí, Taquari (Brasil) e Cebollati (Uruguai), prevista no projeto da Hidrovia Brasil-Uruguai, tem gerado expectativas, pois constituirá um importante eixo de transporte hidroviário, ligando o interior do Uruguai ao Brasil através do território gaúcho. Existe a expectativa do surgimento de benefícios para os municípios ribeirinhos, os quais deverão receber investimentos para construção e melhorias de terminais hidroviários, passando a ter possibilidade de escoar seus produtos a custos mais baixos. A escolha dos municípios beneficiados depende da decisão sobre a localização de instalações, um elemento crítico no planejamento estratégico, tanto para o setor público quanto para o privado, servindo como base para inúmeras decisões no campo da Logística. Assim, com vistas a identificar as localidades mais aptas a receberem terminais de transporte de cargas ao longo da hidrovia, utilizou-se a técnica SMARTER (*Simple Multi-attribute Rating Technique Exploiting Ranks*), uma metodologia Multicritério de Apoio à Decisão, cuja principal vantagem é a não necessidade de atribuição de pesos ou constantes de escala para os critérios considerados, bastando que os atributos sejam ordenados, classificando-os do mais importante para o menos importante. Posteriormente, após ordenar os critérios, foram usados valores pré-definidos de pesos chamados de *ROC weights (Rank Order Centroid weights)*, facilitando em muito a tarefa de obter as chamadas utilidades multiatributo. Para o estudo de caso em questão, após ordenação dos critérios e cálculo das utilidades, foram obtidas como alternativas viáveis 11 das 13 localidades apontadas em estudo realizado pelo Ministério dos Transportes, ou seja, ocorreu convergência de 77%, evidenciando a adequabilidade do método usado.

**Palavras-chave:** Hidrovia Brasil-Uruguai; Métodos Multicritério; SMARTER.

### **1 – INTRODUÇÃO**

O Brasil apresenta um imenso potencial para utilização da navegação hidroviária interior, porém a participação das hidrovias na atual matriz de transporte de cargas é ainda modesta, cerca de 5%, quando comparada com o percentual de mais de 60% do transporte rodoviário (Ministério dos Transportes, 2015). Esse quadro repete-se no Rio Grande do Sul, onde observa-se que 85,3% do volume de cargas são transportados por rodovias (Atlas socioeconômico do Rio Grande do Sul, 2010). Dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)



estimam que anualmente, o Brasil despende cerca de R\$ 1 bilhão para subsidiar o frete para escoamento da safra agrícola, que é transportada em maior proporção pelo modal rodoviário até os portos das regiões Sudeste e Sul (BRASIL, 2010).

Visando estimular o transporte hidroviário, existe a ideia de implementação da Hidrovia Brasil Uruguai, que compreenderá uma malha fluvial de aproximadamente 900 km entre os portos de La charqueada, às margens do Rio Cebollati no Uruguai, e Estrela, no rio Taquari (RS). Além de possibilitar a ampliação do comércio entre os dois países, a hidrovia contribuirá de forma substancial para alavancar a navegação interior no Rio Grande do Sul e assim trazer mais equilíbrio à matriz de transportes. Tal medida beneficiará mais diretamente os municípios ribeirinhos, que deverão receber investimentos para construção e melhorias de terminais hidroviários, passando a ter possibilidade de escoar seus produtos a um custo que pode chegar à metade do frete ferroviário e a um quarto do rodoviário para transportes a granel em longas distâncias, segundo o Ministério dos Transportes (BRASIL, 2015). A escolha dos municípios beneficiados depende da decisão sobre a localização de instalações, um elemento crítico no planejamento estratégico, tanto para o setor público quanto para o setor privado, servindo como base para inúmeras decisões no campo da Logística.

Em consonância com o exposto anteriormente, o objetivo deste artigo é identificar localidades com potencial para receberem terminais de transporte de carga ao longo da futura hidrovia, com o uso de uma técnica de multicritério de apoio à decisão. Assim, este trabalho tem como foco a aplicação de métodos de análise multicritério de apoio à decisão, em especial a técnica denominada SMARTER, para resolver o problema de identificação das melhores localidades a receberem terminais portuários.

## 2 - HIDROVIA BRASIL URUGUAI

A consolidação do projeto que prevê a implementação da Hidrovia Brasil Uruguai (Figura 1) é uma importante alternativa logística ao desenvolvimento da economia de ambos os países, além de consolidar um corredor multimodal de transporte de cargas de Montevideo a São Paulo, totalizando 2.200 km de extensão.





Figura 1- Hidrovia Brasil Uruguai  
Fonte: SOUTO (2016)

Em um panorama mais amplo, a hidrovia viabilizaria uma rede multimodal binacional, visando atender o escoamento das demandas produtivas e serviria de rota de saída para cargas oriundas do Uruguai (por meio do Porto de Rio Grande) e de entrada de produtos brasileiros no mercado uruguaio (AHSUL, 2014).

Segundo a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), o Uruguai possui grandes centros de produção de arroz próximos à Lagoa Mirim e ao Rio Jaguarão. Portanto, poderá beneficiar-se com o transporte de cargas, via Lagoa Mirim, Canal de São Gonçalo e Lagoa dos Patos até o Porto do Rio Grande (BRASIL, 2009). Deste, por meio da navegação de cabotagem, pode percorrer a costa brasileira, ou, por navegação de longo curso atingir os mercados internacionais. Outra possibilidade é transportar por hidrovia parte da carga uruguaia até o Porto de Estrela, e deste chegar até São Paulo usando a malha ferroviária. No sentido inverso, o Ministério dos Transportes estima que o Brasil transportará açúcar, soja, combustíveis e carga containerizada para o Uruguai.

Sendo assim, a Hidrovia Brasil Uruguai apresenta dois aspectos relevantes para o setor: (a) fazer a ligação das importantes regiões na produção industrial e agrícola entre si e a um porto marítimo e (b) realizar a ligação entre os dois países, configurando um canal de integração (PORCIÚNCULA, G.; FRÓE, C. N.; CORREA, M. G. e COUTO, R. S, 2015).

Porém, a concretização da Hidrovia Brasil Uruguai, exigirá esforços de ambos os países, incluindo do lado brasileiro, investimentos em infraestrutura como dragagens, adequação de terminais, balizamento, sinalização e melhorias na interconexão com outros modais. Já o governo uruguaio depende da iniciativa privada para construção dos portos.

Apesar de todos os custos necessários para a implementação da hidrovia, especialistas avaliam que a obra valeria a pena, pois os benefícios também são grandes. Diminuiria o fluxo na BR-471, que leva até a fronteira com o Uruguai, onde a redução de veículos na área é importante porque a estrada corta a Reserva Ecológica do Taim, habitat de animais silvestres. Evitaria, também, quase 10 mil viagens de caminhões por ano, já que parte das mercadorias gaúchas poderia ser transportada na nova rota, além de impactar diretamente o meio ambiente, uma vez que seria utilizado menos combustível, menos pneus e haveria menos desgaste das rodovias.

Diante do cenário exposto anteriormente, a Hidrovia Brasil Uruguai parece ser um projeto relevante a ser implantado em decorrência dos mais diversos benefícios proporcionados para ambos os países. Um aspecto importante a ser considerado no referido projeto é a identificação das localidades ao redor da Lagoa dos Patos, Lagoa Mirim, Lago Guaíba, Rio Taquari e Rio Jacuí, que seriam as mais aptas a receberem terminais de transporte de carga. Assim sendo, determinar onde localizar terminais de transporte de cargas (no lado brasileiro) ao longo desse futuro corredor de transporte hidro-ferroviário é o objetivo central do presente trabalho.

## **2.1- O problema de localização de instalações**

Segundo Owen e Daskin (1998), a decisão sobre a localização de instalações é um elemento crítico no planejamento estratégico, tanto para o setor público quanto para o setor privado, servindo como base para inúmeras decisões no campo da Logística. Os autores ressaltam também que não são somente as questões



logísticas que efetivamente trazem vantagens competitivas, os tomadores de decisão devem estar atentos às mudanças relativas às questões ambientais, às tendências de evolução dos mercados, às necessidades de re-localização, expansão, adaptação, etc.

Convém recordar que o ímpeto pelas atividades logísticas (sem conceituação é claro e apenas realizadas intuitivamente) – como transporte e manutenção de estoques – começou quase concomitantemente com o nascimento do homem. Ballou (2001) lembra que a movimentação de mantimentos se restringia a produtos passíveis de serem levados pelo próprio indivíduo. Com armazenagem deficitária, as pessoas limitavam-se a morar perto das fontes de suprimento e terem acesso reservado à diversidade de mercadorias (somente aquelas encontradas na região apta para tal). O referido autor menciona ainda que o crescimento *a posteriori* dos sistemas logísticos impulsionam o grande desenvolvimento econômico mundial. Com a eficácia dos mecanismos de armazenagem e de transporte, a produção e o consumo começaram a se dissociar geograficamente, gerando ganhos de escala e a especialização de regiões com condições produtivas melhores.

Segundo Melachrinoudis e Min (2000), problemas relativos à localização podem ter natureza conflitante uma vez que é necessário avaliar critérios tanto qualitativos e quantitativos. A questão passa por minimizar os custos, maximizando a qualidade. Torna-se imprescindível, além de considerarmos todos os fatores relevantes, que se utilize para resolver problemas deste tipo uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão que avalie as questões referentes às relações de troca (*trade-offs*), ou seja, quando se ganha um tipo de benefício abrindo-se mão de outro.

## 2.2- Fatores de Localização

Os fatores de localização são aqueles que de alguma forma influenciam na seleção do local para implantação de uma ou mais instalações. Para Silva (2001), uma instalação é uma unidade de negócios que visa através da realização de operações (manuseio, armazenagem, manufaturas, etc.) agregar valor a um determinado serviço ou produto.

Por isso, Randhawa e West (1995) afirmam que a localização adequada de uma instalação não só acarreta melhoras na produtividade, como alavanca a possibilidade de negócios com novos mercados. Em contrapartida, uma localização sub-ótima poderá suscitar um serviço de transporte ineficiente, uma mão de obra deficitária bem como gastos adicionais de capital investido. Faz-se necessária então uma breve revisão da literatura vigente, sobre fatores de localização, observando sua aplicabilidade nas mais diversas áreas do conhecimento.

De acordo com Ballou (2001), as questões alusivas à localização de instalações são frequentemente pautadas pela presença de um fator que é mais crítico que os demais. O autor intitula esta característica como força direcionadora. Na localização de fábricas e armazéns, por exemplo, fatores econômicos geralmente são prioridade. Os custos com transportes são também recorrentes e significativamente relevantes no que diz respeito à determinação da localização. No caso dos centros de varejo, a análise tem que passar por fatores como acessibilidade e, principalmente, receitas auferidas.

Romero (2006) ressalta a importância dos fatores locais econômicos abordados por Ballou (2001). Discrimina-os em: custo de produção/compra, custo de estocagem e manuseio, custos fixos do armazém, custos de manutenção do estoque, custo de pedido e processamento, custos de transporte de entrada e de



saída. Ainda segundo este autor, na literatura sobre o assunto, fatores como transporte, mão de obra, matéria-prima, serviços, mercado, utilidades, regras governamentais e meio ambiente estão sempre presentes.

Gaither *et al* (2004), sugere passos a serem analisados quando o assunto é a decisão quanto à localização de instalações de serviços. São eles: (a) avaliar o comportamento do cliente: por que os clientes necessitam do serviços? (b) avaliar o mercado: quem são os clientes em potencial e quais são suas características? (c) reunir informações para cada alternativa de localização: onde se concentram os potenciais clientes visados? Quais são seus padrões de gastos, as tendências de crescimento e o grau de competição atual e projetado? (d) projetar receitas para cada opção de localização: quais são as projeções econômicas relevantes, de dispêndios discricionários e a receita da localização programada no tempo? e (e) projetar os lucros para cada alternativa de localização: quais são as receitas projetadas com exceção dos custos operacionais programados no tempo?

### **2.3- Modelos para localização de instalações multicritério**

Tomar decisões é um processo presente na vida das pessoas. Quando há somente um parâmetro para se avaliar, a decisão parece não ser tão difícil. Por exemplo, escolher que carro comprar. Para a maioria das pessoas esta escolha passa preponderantemente pelo parâmetro custo. Porém há também decisões complexas, com mais parâmetros envolvidos, difíceis de serem resolvidas individualmente e que necessitam atender a múltiplos objetivos e cujos impactos podem não ser claramente identificados. Portanto o processo de decisão não é singular, ou seja, possui suas especificidades. Logo, o administrador deve estar consciente das etapas envolvidas no processo decisório bem como dos meios (escolha de critérios consistentes) para se valer de uma decisão eficaz.

As primeiras pesquisas operacionais datam da segunda guerra mundial e tinham como objetivo resolver problemas logísticos militares (ACKOFF, 1979). Em substituição as essas rígidas convicções, surgiram nas décadas de 70 e 80, técnicas de análise multicritério de apoio a decisão. Para Mello *et al* (2003), a base deste tipo de modelo consiste em se optar pela melhor alternativa dentro de um conjunto possível das mesmas, ou seja, é uma série de técnicas e métodos que servem de apoio à tomada de decisão, quando da presença de uma multiplicidade de critérios.

Existem autores assim como Da Motta (1993), que ponderam sobre a utilização dos métodos multicritério associados com o conceito de troca compensada (*trade-off*). Na visão de Gomes (2004), os problemas de tomada de decisão multicritério podem ser divididos nas etapas enumeradas a seguir:

1. Identificar os decisores e seus objetivos;
2. Definir as alternativas;
3. Definir os critérios relevantes para o problema de decisão;
4. Avaliar alternativas em relação aos critérios;
5. Determinar a importância relativa dos critérios;
6. Realizar a avaliação global de cada alternativa;
7. Conduzir a análise de sensibilidade;
8. Propor recomendações; e
9. Decidir



De 1 a 3 temos o período de estruturação, que aborda a formulação do problema e procura identificar, caracterizar e organizar fatos considerados relevantes no processo de apoio à decisão. É um período de debate e aprendizagem. De 4 a 7 temos o período da avaliação, cujo objetivo é a aplicação dos métodos de análise multicritério a fim de apoiar a modelagem das preferências e a sua agregação. Então, temos a etapa 8, que é o período de recomendação dos cursos de ação a serem seguidos. Por último, a etapa 9, aplicação das ações (decisão).

Rocha Jr (2008) apresenta em seu trabalho um diagrama utilizado como referência para demonstrar as várias etapas do processo de tomada de decisão multicritério (Figura 2).

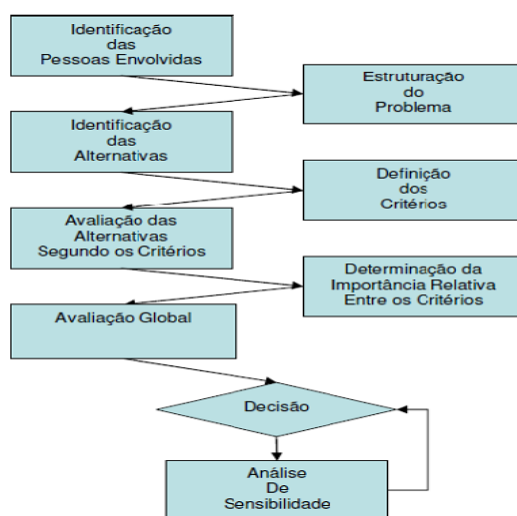


Figura 2- Etapas do processo de tomada de decisão multicritério  
Fonte: Rocha Jr (2008)

Devemos ainda salientar que, segundo Roy e Bouyssou (1993), o conjunto de critérios usados em uma determinada situação de decisão, deve satisfazer as três condições, denominadas “axiomas de Roy” conforme Figura 3.

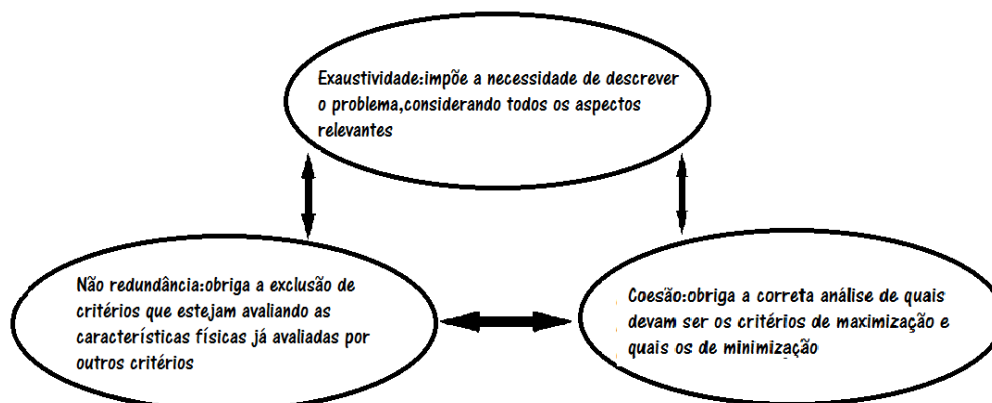


Figura 3 – Axiomas de Roy  
Fonte: Roy e Bouyssou (1993)



Outro fato importante a se salientar é que a forma de se demonstrar as estruturas de preferência do decisor variam de acordo com o método de análise multicritério escolhido. Portanto, faz-se necessário conhecer um pouco mais os métodos existentes disponíveis na literatura.

### 2.3.1- Classificação dos métodos multicritérios de apoio à decisão

Gartner (2001) tomando como base o procedimento de agregação de preferências qualifica os MMAD, de três formas distintas. São elas:

#### a) Métodos de agregação a um critério único de síntese (Escola Americana)

Este método assume que uma função de utilidade multiatributo ou valor possa representar as preferências dos decisores. Tais funções têm como propósito agregar múltiplos critérios de forma a auxiliar o decisor na escolha das alternativas. As funções de valor são incorporadas ao modelo durante sua estruturação, podendo, segundo Gomes e Monteiro Gomes (2003), ser representações matemáticas de um julgamento humano. Ainda segundo os autores, caso um determinado critério ou atributo seja considerado menos importante em relação aos outros, este receberá um peso (ou valor atribuído) menor do que aqueles atribuídos aos critérios de maior importância. Veremos a seguir, na Figura 4 um esquema que organiza e ajuda a entender os caminhos que o método propõe.

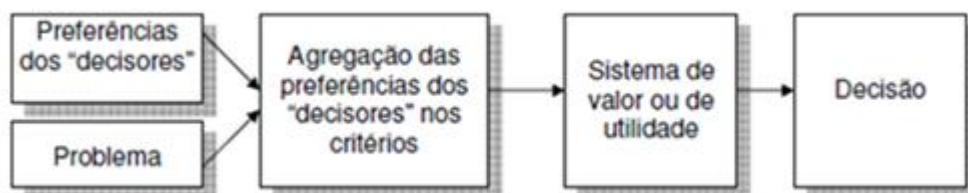


Figura 4 - Fluxo de processamento dos modelos de critério único de síntese  
Fonte: Gartner (2001)

Este método de agregação a um critério único vale-se da teoria da utilidade multiatributo e se caracteriza por ser simultaneamente descritivo e prescritivo associado à credibilidade e por apresentar os seguintes pontos em comum: todas as alternativas são comparáveis; há presunção de transitividade na relação de preferência e de indiferença; permite instituir hierarquias; e ainda possibilita estabelecer uma medida de mérito(valor) global para cada alternativa. Se continuarmos desconsiderando a incomparabilidade de alternativas, teremos mais métodos representantes desta categoria. São eles: AHP, UTA, PREFCALC, UTASTAR, MINORA, MAH, AIM, MACBETH, MAUT, SMART, EVAMIX, TODIM e TOPSIS.

#### b) Métodos de subordinação (*outranking*) (Escola francesa)

Em contraposição à teoria da utilidade, o método de subordinação não exige uma estruturação hierárquica dos critérios, não exige que haja transitividade de preferências e/ou indiferenças, porém possibilita que exista uma relação de prevalência entre as alternativas discretas, permitindo também que haja incomparabilidade entre as mesmas. Esta incomparabilidade surge devido às incertezas, à imprecisão dos dados utilizados e às características próprias do



decisor. A utilização de tal método é motivada pela dificuldade ou até mesmo impossibilidade de se estabelecer uma função de valor ou utilidade multiatributo adicionada ao fato de que na Escola Francesa existe a facilidade da comparação *a priori* e *a posteriori* (Gomes e Monteiro Gomes, 2003). Para Vilas Boas (2005), o método de subordinação institui uma relação binária que compara os prós e contras à pressuposição que a ação “w” é no mínimo tão boa quanto à ação “z”. Isto pode ser equivalente a dizer que “w” é “não pior que” “z”. Podemos utilizar a notação: “w” S “z” (w outranks z). Desta forma segundo Gomes e Monteiro Gomes (2003), ao comparar duas alternativas utilizando este método, o decisor pode encontrar pelo menos uma das quatro seguintes situações: uma alternativa é melhor que a outra sem hesitação, uma alternativa é melhor que a outra com hesitação, uma alternativa é indiferente à outra e uma alternativa é incomparável com a outra. A Figura 5 a seguir, propõe uma forma organizada de se estruturar os modelos *outranking* tendo como objetivo um melhor entendimento do mesmo.

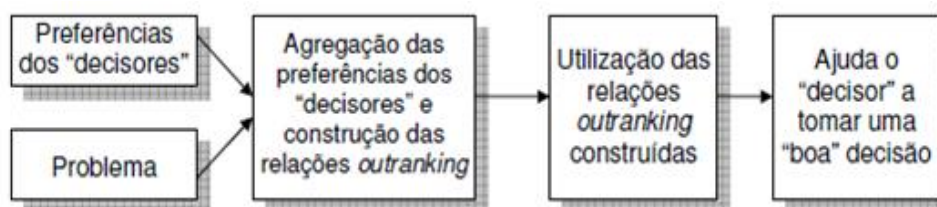


Figura 5 - Fluxo de procedimentos dos modelos *outranking*.  
Fonte: Gartner (2001)

Nos métodos de subordinação da Escola Francesa, são empregadas como base as seguintes convicções:

- Presença da subjetividade em todos os momentos do processo decisório;
- Crença no construtivismo;
- Convicção de que o aprendizado vem pela participação;
- Admissão de que o processo de busca do ótimo matemático possui restrições, optando-se por não pré-estabelecer condições, mas sim proporcionar a construção de um modelo que capacite os decisores a evoluir dentro do próprio processo de decisão, tomando como base seus próprios sistemas de valores.

Vilas Boas (2005) cita alguns métodos *outranking* importantes: QUALIFLEX, ORESTE, MELCHIOR, PROMETHEE, TACTIC, MAPPAC, PRAGMA, N-TOMIC, ELECTRE, REGIMA e NAIADE.

### c) Métodos interativos

Têm como objetivo sustentar e ampliar os processos de decisão que requerem tarefas mais complexas e mal embasadas. Também são conhecidos como *Multi-Objective Decision Making* (MODM), e requerem técnicas de programação matemática, apreciação crítica e julgamento dos agentes de decisão. Estes métodos alternam passos computacionais e reuniões com os tomadores de decisão, para injeção de novas informações, permitindo a melhora do processo e construção de uma nova solução.





Como o intuito do artigo é a identificação e posterior escolha dos melhores locais dentro de um conjunto possível de alternativas ao longo da futura Hidrovia Brasil Uruguai, para se instalarem estes terminais de transporte de cargas, optou-se pela Escola Americana. Dentro desta, o método SMARTER (*Simple Multi-attribute Rating Technique Exploiting Ranks*). Um argumento que justifica a utilização deste método é sua relativa facilidade de aplicação, em problemas do tipo aqui considerado.

### 3- MÉTODO

A fim de atingir o objeto da pesquisa em questão (localização de terminais de transporte de cargas ao longo da futura Hidrovia Brasil Uruguai), serão incorporadas incertezas ao processo decisório. Torna-se assim o MMAD (método multicritério de apoio à decisão) o modelo mais adequado à consecução deste estudo.

Incluso ao MMDA, deu-se a preferência pela Escola Americana para a consecução do estudo pelo fato desta, valer-se de uma função utilidade multiatributo para representar as preferências dos decisores. O método SMARTER foi selecionado uma vez que, o mesmo adapta-se de forma pertinente em situações em que há poucos critérios para serem utilizados e/ou adaptados (falta de dados) além de empregar técnicas simples de modelagem, análise e atribuição de pesos.

A partir deste momento, faremos uma descrição das ideias chaves presentes no método SMARTER que difere do método SMARTS apenas no oitavo passo. Para Edwards & Barron (1994) estes dois métodos são utilizados para mensurar a utilidade multiatributo ficando instituídos os seguintes passos:

-Passo1: Identificação do intento da decisão e dos decisores. Nesse passo procura-se identificar a intenção do levantamento de valores (elicitação de valores), bem como o indivíduo, organização ou organizações cujos valores devem ser elicitados (obtidos ou descobertos). Este passo estará completo quando for formulada uma lista que mostra, após exaustiva procura, todos os itens a serem elicitados ou que especifiquem procedimentos para identificar os itens a serem elicitados. Também torna-se necessário preparar instruções explícitas especificando a natureza do problema, os números a serem gerados, bem como a maneira que eles serão utilizados (o caminho a ser seguido).

-Passo2: Árvore de valor. Este passo concerne a estabelecer uma estrutura, ou seja, uma hierarquia de objetivos (árvore de valores) ou uma lista de atributos potencialmente relevantes com a finalidade do levantamento de valores de cada um desses objetivos e atributos feito por um decisor ou grupo de decisores, primando por haver, entre as pessoas envolvidas no processo decisório, um consenso quanto à estrutura dos critérios relevantes. Segundo Edwards & Barron (1994) deve-se evitar muitos atributos. Se existirem doze (16) ou mais, é interessante reduzi-los. Pode-se fazer isso eliminando aqueles atributos com baixo peso relativo, combinando atributos relacionados ou redefinindo atributos muito específicos.

-Passo 3: *Objetos de Avaliação*. Os objetos de avaliação nada mais são do que as alternativas e suas consequências. Uma vez não identificadas as alternativas reais ou hipotéticas, usa-se a estrutura de atributos do passo 2 para estabelecê-las.

-Passo 4: *Matriz de objetos(alternativas) por atributos(critérios)*. Visa-se aqui formular uma matriz para avaliação de objetos ( alternativas) por atributos, conforme a tabela 3, suas entradas (dados) devem ter scores (pontuações) ou medidas físicas



das alternativas. Se tais pontuações não podem ser obtidas, as entradas poderão ser determinadas por utilidades unidimensionais discutidas posteriormente no passo 6.

Tabela 1- Matriz dos objetos de avaliação por critérios

Alternativas ( $A_h$ )	Critérios (k)			
	1	2	3	k
$A_1$	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{1k}$
$A_2$	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	$x_{2k}$
$A_3$	$x_{31}$	$x_{32}$	$x_{33}$	$x_{3k}$
$A_h$	$x_{h1}$	$x_{h2}$	$x_{h3}$	$x_{hk}$

Fonte: Chen *et al.* (2009).

-Passo 5: *Opções Dominadas*. Busca-se eliminar ordinalmente as opções dominadas. É possível reconhecer uma dominância ordinal através de uma simples inspeção visual. Ao perceber durante o mesmo processo uma os mais dominâncias cardinais, essas devem ser eliminadas. Assim o número de opções será reduzido. Porém é muito pouco provável que a escala de atributos seja afetada. Deve-se checar, a fim de certificar-se, se a eliminação de uma opção dominada não reduziu substancialmente a escala de atributos. Caso isso aconteça, é importante verificar a necessidade de utilização do atributo ou não. Se não for possível de ser utilizado, retorna-se ao passo 2 para eliminá-lo.

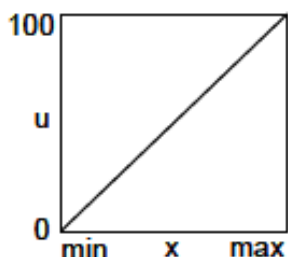
-Passo 6: *Utilidades unidimensionais*. Consiste em transformar as entradas da matriz de objetos (alternativas) por atributos para utilidades unidimensionais. A fim de atingir tal intento, deve-se fazer primeiro o teste de linearidade das utilidades unidimensionais para cada atributo, para os quais escores físicos (pontuações) estão disponíveis. Justifica-se o uso da linearidade como aproximação, quando uma escala de classificação for utilizada ou quando se requerer uma faixa mais ampla para especificar os limites inferior e superior da função utilidade unidimensional. A partir daí, devem ser calculado as utilidades unidimensionais, valendo-se de equações lineares para estas funções ou da representação sob forma de gráficos, verificando pontos de interesse sobre o mesmo. Falhando o teste de linearidade, mas estando disponíveis os escores, podemos utilizar os métodos propostos por Von Winterfeldt & Edwards (1996) para obtenção das utilidades unidimensionais. Não estando disponível nenhuma medida física relevante para o atributo (ou seu equivalente na etapa 4), este passo irá requer elicitação (um novo levantamento). Este processo poderá ser feito com o auxílio de um decisor ou de uma pessoa dotada de conhecimento e responsabilidade sobre o problema em questão. Pode ser o mesmo decisor que irá julgar os pesos nas etapas 7 e 8.

Edwards e Barron (1994) anexam ao SMARTS e por consequência ao SMARTER a Estratégia de Aproximação Heroica (*Strategy of heroic approximation*). Esta foi concebida porque no SMART, os julgamentos de indiferença entre os pares de opções hipotéticas exigidos por Keeney e Raiffa (1976) pareciam difíceis e instáveis. O referido autor acreditava que as avaliações mais diretas das quantidades desejadas são mais fáceis e menos propensas a produzir erros de elicitação. Chamamos esse ponto de vista de Estratégia de Aproximação Heroica. Esta estratégia tem como propósito fundamentar as aproximações lineares das

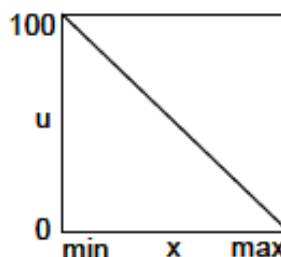


funções de utilidades unidimensionais e do modelo de agregação aditivo. Através dessa aproximação, passa-se a tratar as funções utilidades como lineares em  $x$ .

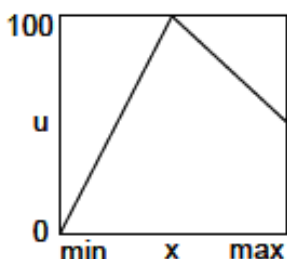
Ainda segundo Edwards e Barron (1994), há quatro formas diferentes para determinar a função de utilidade unidimensional  $u_h(x_{hk})$ , conforme a Figura 6.



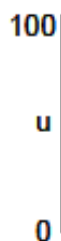
**Tipo a:** Funções utilidades nas quais mais  $x$  é melhor que menos



**Tipo b:** Funções utilidades nas quais menos  $x$  é melhor que mais



**Tipo c:** Funções utilidades que possuem um ponto de máximo interior



**Tipo d:** As utilidades são avaliadas por julgamentos sem a especificação de variáveis físicas.

Figura 6 - As quatro classes das funções utilidades unidimensionais

Fonte: Edwards & Barron (1994)

Assim, três funções utilidade estão voltadas para alternativas que incorporem medidas físicas, e a última é utilizada para o caso de se obter a utilidade unidimensional para medidas não físicas (qualitativas).

-Passo 7: Ordenação dos atributos. Aqui neste passo está a principal diferença entre o SMART e o SMARTS. A introdução do termo “S” na palavra tem o firme propósito de corrigir o erro intelectual outrora descoberto. O referido termo, que no inglês significa “swing”, faz neste caso alusão à troca de pontuação dos objetos (alternativas) mediante os critérios disponíveis, possibilitando assim definir uma ordem de importância para os(as) mesmos(as). Neste estágio os analistas devem fazer a seguinte pergunta aos decisores: “Imagine uma alternativa que tivesse o pior escore em todos os critérios analisados. Imagine também que fosse oportunizado a você alterar da pior para a melhor pontuação um único critério. Qual deles você escolheria para melhorar a pontuação da alternativa?” Esta pergunta deve ser repetida até que todos os critérios sejam ordenados. É importante salientar que o mesmo critério não pode ser utilizado por duas ou mais vezes.

-Passo 8: *Exploração da ordenação dos critérios*. Baron e Barrett (1996) desenvolveram um procedimento a fim de atribuir peso aos critérios de maneira simples e eficiente. Os pesos são estabelecidos diretamente através da ordem de importância dos atributos, os quais já foram aferidos na etapa 7. Este tipo de abordagem é designada como ROC – Rank Order Centroid ou simplesmente de



ROC weights (pesos ROC). Conforme proposta pelos autores, segue abaixo a equação utilizada para calcular os pesos diretamente.

Se  $w_1 > w_2 > w_3 > \dots > w_k$ , então:

$$w_1 = \left( 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{k} \right) / k$$

$$w_2 = \left( 0 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{k} \right) / k$$

$$w_3 = \left( 0 + 0 + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{k} \right) / k$$

$$w_k = \left( 0 + 0 + 0 + \dots + \frac{1}{k} \right) / k$$

Mais genericamente, se  $y$  é o número de atributos, então o peso do  $k$ -ésimo atributo é:

$$w_k = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \frac{1}{i} \quad (3.1)$$

Barron & Barrett (1996) chegaram após exaustivos testes de suscetibilidades na geração de inconsistências, à conclusão de que os pesos ROC levam a reconhecer a melhor escolha entre 75 e 87% das vezes, dependendo dos detalhes de tais simulações. Segundo os autores, foram analisadas todas as situações, ficando evidenciado que a perda no valor da utilidade global é abaixo de 2%. Os pesos ROC, quando não selecionam a melhor opção, não adotam uma muito ruim. Determinados os ROC weights, deve-se calcular as utilidades multiatributos pela equação

$$U(z) = \sum_k w_k \cdot u_k(z) \quad (3.2)$$

-Passo 9: *Decisão*. Deve-se decidir pela a alternativa que apresentar a melhor utilidade multiatributo.

É importante salientar que, no método SMARTER, e presume que o decisor, em comum acordo com o analista, já tenha listado a ordem de importância dos critérios, ou seja, que os trade-off já estejam definidos e não necessitem serem descobertos, escolhendo-se os ROC weights para constantes de escala entre critérios.

### 3.1- Aplicação da metodologia proposta

#### 3.1.1- Escolha do objetivo

Os métodos multicritérios de apoio à decisão requerem que sejam estabelecidos de forma contundente o objetivo ou objetivos a ser(em) alcançado(s). O propósito deste estudo visa ajudar a identificar (apontar) localidades às margens da futura Hidrovia Brasil Uruguai com potencial para receberem terminais de



transporte de carga, de forma a possibilitar a estas localidades, bem como às localidades próximas às eleitas, outra forma de alcançar os mercados interno (Brasil) e externo (Uruguai) mediante utilização da hidrovia.

### 3.1.2- Escolha dos critérios

O segundo momento foi pautado pela escolha dos critérios e pelo levantamento dos dados relativos a estes. Os critérios escolhidos, então, para cada um dos municípios considerados, foram:

- **Produção agrícola (c<sub>1</sub>):** A escolha deste critério deve-se ao fato de ser a **agricultura** umas das principais bases da economia do País. Este é um critério tipo “a” (vide Capítulo 3);
- **Estrutura portuária (c<sub>2</sub>):** A escolha deste critério justifica-se pelo fato de que a pré-existência de uma estrutura física na localidade candidata poderá trazer entre outras vantagens a redução dos custos para sua implantação ou melhoria. É um critério tipo “d”;
- **PIB da localidade (c<sub>3</sub>):** Sua escolha como critério está pautada pelo fato de o mesmo ser um importante indicador da atividade econômica de uma região, representando, por exemplo, o seu crescimento econômico. É um critério tipo “a”;
- **Extensão a dragar (c<sub>4</sub>):** Critério necessário, uma vez que os custos de dragagem por km são significativos. É um critério tipo “b”;
- **Valores das transações comerciais das localidades candidatas com o Uruguai (c<sub>5</sub>):** critério relevante visto que aponta a relação custo benefício de investir em um terminal portuário entre os dois países. Portanto, instalar unidades de carga ao longo da hidrovia em localidades que já possuam vínculo com o país vizinho pode ajudar a estreitar ainda mais esta relação. Este é um critério tipo “a”.

### 3.1.3- Objetos de avaliação

Os objetos de avaliação do presente estudo são as localidades (municípios) que margeiam Lagoa Mirim, Lagoa dos Patos, Lago Guaíba, Rio Jacuí e Rio Taquari. Foram considerados como localidades candidatas: Arambaré, Barra do Ribeiro, Cachoeira do Sul, Camaquã, Canoas, Cruzeiro do Sul, Estrela, General Câmara, Guaíba, Jaguarão, Mostardas, Pelotas, Porto Alegre, Rio Grande, Rio Pardo, Santa Vitória do Palmar, São Jerônimo, São José do Norte, São Lourenço do Sul, Tapes, Taquari, Tavares, Triunfo e Turuçu.

### 3.1.4- Matriz objetos de avaliação versus

O Quadro 1, apresenta a listagem das vinte e cinco alternativas em potencial (Localidades Candidatas) e os cinco critérios considerados para análise das mesmas.



Quadro 1- Matriz alternativas versus atributos.

		c1	c2	c3	c4	c5
	CIDADES	VOLUME (ton)	INFRAESTRUTURA	PIB(mil reais)	A DRAGAR (km)	total em US\$ fob
						Exp e Imp. Com o Uruguai
A1	Arambaré	90.143,00	inexistente	62.284,00	5,3	-
A2	Barra do Ribeiro	93.534,00	inexistente	129.344,00	9,5	39.574,00
A3	Cachoeira do Sul	306.492,00	boa	1.073.509,00	0	374.619,00
A4	Camaquã	197.779,00	inexistente	924.043,00	90	7.008.568,00
A5	Canoas	4.800,00	inexistente	12.580.262,00	0	28.770.485,00
A6	Charqueadas	26.428,00	regular	970.717,00	0	2.358.001,00
A7	Cruzeiro do sul	27.180,00	inexistente	149.627,00	0	34.984,00
A8	Estrela	13.890,00	boa	570.708,00	0	722.088,00
A9	Gal. Câmara	22.896,00	inexistente	87.875,00	0	-
A10	Guaíba	25.924,00	inexistente	1.744.502,00	10	1.062.780,00
A11	Jaguarão	201.284,00	inexistente	325.783,00	25	4.023.218,00
A12	Mostardas	213.630,00	inexistente	192.112,00	0	-
A13	Pelotas	129.523,00	boa	3.564.296,00	0	16.265.062,00
A14	Porto Alegre	2.875,00	boa	36.774.704,00	0	88.695.709,00
A15	Rio Grande	160.111,00	ótima	5.402.761,00	0	14.467.772,00
A16	Rio Pardo	139.228,00	inexistente	430.999,00	0	-
A17	Santa Vitória do Palmar	445.664,00	inexistente	405.030,00	0	56.139,00
A18	São Jerônimo	17.827,00	inexistente	276.578,00	0	79.670,00
A19	São José do Norte	13.818,00	inexistente	194.460,00	0	-
A20	São Lourenço do Sul	92.783,00	inexistente	483.616,00	5,4	1.506.968,00
A21	Tapes	114.179,00	inexistente	177.744,00	4	343.137,00
A22	Taquari	23.736,00	inexistente	371.660,00	0	66.337,00
A23	Tavares	13.758,00	inexistente	51.672,00	0	-
A24	Triunfo	57.750,00	inexistente	4.550.725,00	0	35.751.220,00
A25	Turuçu	23.822,00	inexistente	42.467,00	30	-

Fonte: Autores.

### 3.1.5- Dominância

A *priori* não serão analisadas as opções dominadas tendo em vista o número já restrito de alternativas. Esta análise poderá ser realizada posteriormente, se necessário for, ao aplicarmos o método e constataremos utilidades multiatributo muito similares entre localidades próximas geograficamente.

### 3.1.6- Utilidades unidimensionais

O intuito aqui foi estabelecer as utilidades unidimensionais conforme segue no Quadro 2.

Quadro 2 – Matriz objetos versus atributos já estabelecidos as utilidades unidimensionais.



		c1	c2	c3	c4	c5
	CIDADES	VOLUME (ton)	INFRAESTRUTURA	PIB(mil reais)	A DRAGAR (km)	total em US\$ fob
						Exp e Imp. Com o Uruguai
A1	Arambaré	0,197	0,000	0,001	0,941	0,000
A2	Barra do Ribeiro	0,205	0,000	0,002	0,894	0,000
A3	Cachoeira do Sul	0,686	0,800	0,028	1,000	0,004
A4	Camaquã	0,440	0,000	0,024	0,000	0,079
A5	canoas	0,004	0,000	0,341	1,000	0,324
A6	Charqueadas	0,053	0,300	0,025	1,000	0,027
A7	Cruzeiro do sul	0,055	0,000	0,003	1,000	0,000
A8	Estrela	0,025	0,800	0,014	1,000	0,008
A9	Gal. Câmara	0,045	0,000	0,001	1,000	0,000
A10	Guaíba	0,052	0,000	0,046	0,889	0,012
A11	Jaguarão	0,448	0,000	0,008	0,722	0,045
A12	Mostardas	0,476	0,000	0,004	1,000	0,000
A13	Pelotas	0,286	0,800	0,096	1,000	0,183
A14	Porto Alegre	0,000	0,800	1,000	1,000	1,000
A15	Rio Grande	0,355	1,000	0,146	1,000	0,163
A16	Rio Pardo	0,308	0,000	0,011	1,000	0,000
A17	Santa Vitória do Palmar	1,000	0,000	0,010	1,000	0,001
A18	São Jerônimo	0,034	0,000	0,006	1,000	0,001
A19	São José do Norte	0,025	0,000	0,004	1,000	0,000
A20	São Lorenço do Sul	0,203	0,000	0,012	0,940	0,017
A21	Tapes	0,251	0,000	0,004	0,956	0,004
A22	Taquari	0,047	0,000	0,009	1,000	0,001
A23	Tavares	0,025	0,000	0,000	1,000	0,000
A24	Triunfo	0,124	0,000	0,123	1,000	0,403
A25	Turuçu	0,047	0,000	0,000	0,667	0,000

Fonte: Autores.

### 3.1.7- Ordenação dos atributos

Encontra-se aqui, a primeira parte do *swing weights* acima descrito. Obtendo a ordem de importância observada no Quadro 3. Tal ordenação é levada em conta para o cálculo dos pesos dos critérios. A ordem de importância “1” corresponde ao atributo mais importante.

Quadro 3 – Ordenação dos atributos

Ordenação	1	2	3	4	5
dos	c1	c4	c2	c5	c3
atributos	VOLUME (ton)	A DRAGAR (km)	INFRA. PORTUÁRIA	Exp. e Imp. - em US\$ fob	PIB(mil reais)

Fonte: Autores.

### 3.1.8- Peso dos atributos

Foram obtidos os pesos a partir da utilização da equação (3.1) e, em seguida, irão ser calculados as utilidades multiatributo para cada alternativa conforme segue no quadro abaixo:

Quadro 4 – Peso dos critérios ROC weights.

Nº do atributo(critério)	c1	c4	c2	c5	c3
Peso dos critérios	0,4567	0,2567	0,1567	0,09	0,04

Fonte: Autores.



### 3.1.8.1- Cálculo das utilidades

Uma vez estabelecidos os pesos são calculados as utilidades multiatributo para cada alternativa (Quadro 5).

Quadro 5 – Utilidades multiatributos.

	CIDADES	$U(a) = \sum_j w_j \cdot u_j(a)$
A1	Arambaré	0,332
A2	Barra do Ribeiro	0,323
A3	Cachoeira do Sul	0,697
A4	Camaquã	0,209
A5	Canoas	0,301
A6	Charqueadas	0,331
A7	Cruzeiro do sul	0,282
A8	Estrela	0,395
A9	Gal. Câmara	0,277
A10	Guaíba	0,255
A11	Jaguarão	0,394
A12	Mostardas	0,474
A13	Pelotas	0,533
A14	Porto Alegre	0,512
A15	Rio Grande	0,596
A16	Rio Pardo	0,398
A17	Santa Vitória do Palmar	0,714
A18	São Jerônimo	0,272
A19	São José do Norte	0,268
A20	São Lorenço do Sul	0,336
A21	Tapes	0,361
A22	Taquari	0,279
A23	Tavares	0,286
A24	Triunfo	0,354
A25	Turuçu	0,193

Fonte: Autores.

### 3.1.9- Decisão

Pela ordenação dos critérios atribuída no Quadro 4, à decisão consistirá na escolha das localidades com melhor valor de utilidade multiatributo, conforme o Quadro 6.





Quadro 6 – Utilidades multiatributo ordenada.

		CIDADES	$U(a) = \sum_j w_j \cdot u_j(a)$
1)	A17	Santa Vitória do Palmar	0,714
2)	A3	Cachoeira do Sul	0,697
3)	A15	Rio Grande	0,596
4)	A13	Pelotas	0,533
5)	A14	Porto Alegre	0,512
6)	A12	Mostardas	0,474
7)	A16	Rio Pardo	0,357
8)	A8	Estrela	0,395
9)	A11	Jaguarão	0,290
10)	A21	Tapes	0,361
11)	A24	Triunfo	0,286
12)	A20	São Lorenço do Sul	0,336
13)	A1	Arambaré	0,332
14)	A6	Charqueadas	0,331
15)	A2	Barra do Ribeiro	0,323
16)	A5	Canoas	0,301
17)	A7	Cruzeiro do sul	0,282
18)	A22	Taquari	0,279
19)	A9	Gal. Câmara	0,277
20)	A18	São Jerônimo	0,272
21)	A19	São José do Norte	0,268
22)	A23	Tavares	0,268
23)	A10	Guaíba	0,255
24)	A4	Camaquã	0,209
25)	A25	Turuçu	0,193

Fonte: Autores.

### 3.1.9.1- Discussão sobre a decisão

Neste momento, tão embora não faça mais parte da aplicação do método, é necessário que seja feita uma análise mais detalhada dos resultados obtidos. Uma pergunta natural que surge é: quantas localidades deverão ser escolhidas? A decisão sobre quantas localidades deverão ser escolhidas para efetiva utilização da Hidrovia Brasil Uruguai, ficará a cargo do decisor, grupo de decisores, órgão público ou iniciativa privada que se será responsável por sua implantação. Estudos do Ministério dos Transportes apontam 13 alternativas locais prováveis, considerando terminais já existentes ou não. São eles: Porto de Porto Alegre);Guaíba; Porto de Estrela; Cachoeira do Sul; Rio Pardo; Triunfo; Charqueadas; Porto de Pelotas; Porto de Rio Grande; Tapes; São Lourenço do Sul; Jaguarão; e Porto de Santa Vitória do Palmar.

Percebe-se, de acordo com a ordenação dos critérios escolhidos no Quadro 4, que são contempladas 11 das 13 localidades apontadas pelo Ministério dos Transportes, chegando bem próximo ao requerido pelo mesmo. Existindo assim uma coincidência de 77% (porcentagem admitida pelo método SMARTER). A diferença existente está em apenas duas localidades, Guaíba e Charqueadas.

Porém se o decisor observando o Quadro 6, considerar que Tapes e Arambaré estão demasiadamente próximos geograficamente, para receberem um terminal cada, e preterir Arambaré escolhendo a localidade posterior que é Charqueadas essa porcentagem poderá aumentar para 85%.



O fato de o método apontar os municípios de Tapes e Arambaré pode ser um indicativo que aquela região necessitaria efetivamente de um terminal. Porém, esta conclusão é alusiva a uma determinada ordenação dos atributos. Poderia um outro grupo de decisores, colocar em *check* tal ordenação. Pensando-se nesta possibilidade, usou-se o programa desenvolvido para analisar outros cenários a partir da reordenação dos atributos feita através do *swing weights*. Por exemplo, ao ser escolhido 5 critérios, poderão ser obtidas e posteriormente verificadas 120 possibilidades de cenários. Como forma de ilustrar esta provável situação, serão descritas, de acordo com o Quadro 7, as 120 possibilidades de cenários, obtidas a partir da mudança na ordem de importância dos critérios e considerando somente as 13 primeiras localidades com maior valor de utilidade multiatributo.

Quadro 7 – As 13 primeiras localidades com maior valor de utilidade multiatributo para qualquer cenário.

Situações	ordem dos critérios	Ordenação das alternativas (localidades) em ordem decrescente de utilidade multiatributo												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	C1,C2,C3,C4,C5	A3	A17	A15	A14	A13	A8	A12	A11	A16	A4	A21	A6	A24
2	C1,C2,C3,C5,C4	A3	A17	A15	A14	A13	A8	A12	A11	A4	A16	A21	A24	A6
3	C1,C2,C4,C3,C5	A3	A17	A15	A13	A14	A8	A12	A11	A16	A21	A6	A20	A24
4	C1,C2,C4,C5,C3	A3	A17	A15	A13	A14	A8	A12	A11	A16	A21	A6	A24	A20
5	C1,C2,C5,C3,C4	A3	A17	A15	A14	A13	A8	A12	A11	A4	A16	A24	A21	A6
6	C1,C2,C5,C4,C3	A3	A17	A15	A14	A13	A8	A12	A11	A16	A24	A4	A21	A6
7	C1,C3,C2,C4,C5	A17	A3	A14	A15	A13	A12	A11	A16	A8	A4	A21	A24	A5
8	C1,C3,C2,C5,C4	A14	A17	A3	A15	A13	A12	A11	A4	A16	A8	A24	A5	A21
9	C1,C3,C4,C2,C5	A17	A3	A14	A15	A13	A12	A11	A16	A21	A24	A5	A8	A20
10	C1,C3,C4,C5,C2	A17	A14	A3	A15	A12	A13	A11	A16	A24	A5	A21	A20	A1
11	C1,C3,C5,C2,C4	A14	A17	A3	A15	A13	A12	A11	A4	A24	A16	A5	A21	A20
12	C1,C3,C5,C4,C2	A17	A14	A3	A15	A12	A13	A11	A24	A16	A5	A4	A21	A20
13	C1,C4,C2,C3,C5	A17	A3	A15	A13	A14	A12	A16	A8	A11	A21	A24	A20	A1
14	C1,C4,C2,C5,C3	A17	A3	A15	A13	A14	A12	A16	A8	A11	A21	A24	A20	A1
15	C1,C4,C3,C2,C5	A17	A3	A15	A14	A13	A12	A16	A11	A21	A24	A8	A20	A1
16	C1,C4,C3,C5,C2	A17	A3	A14	A15	A12	A13	A16	A11	A24	A21	A5	A20	A1
17	C1,C4,C5,C2,C3	A17	A3	A15	A14	A13	A12	A16	A11	A24	A21	A8	A20	A1
18	C1,C4,C5,C3,C2	A17	A3	A14	A15	A12	A13	A16	A11	A24	A21	A5	A20	A1
19	C1,C5,C2,C3,C4	A14	A17	A3	A15	A13	A12	A11	A4	A24	A16	A8	A5	A21
20	C1,C5,C2,C4,C3	A17	A3	A14	A15	A13	A12	A11	A24	A16	A8	A4	A21	A5
21	C1,C5,C3,C2,C4	A14	A17	A3	A15	A13	A12	A11	A4	A24	A16	A5	A21	A20
22	C1,C5,C3,C4,C2	A17	A14	A3	A15	A13	A12	A11	A24	A16	A5	A4	A21	A20
23	C1,C5,C4,C2,C3	A17	A3	A14	A15	A13	A12	A11	A24	A16	A21	A5	A20	A8
24	C1,C5,C4,C3,C2	A17	A14	A3	A15	A13	A12	A11	A24	A16	A5	A21	A20	A1
25	C2,C1,C3,C4,C5	A15	A14	A3	A13	A8	A17	A6	A12	A11	A16	A5	A24	A21
26	C2,C1,C3,C5,C4	A14	A15	A3	A13	A8	A17	A6	A12	A11	A24	A4	A5	A16
27	C2,C1,C4,C3,C5	A15	A3	A14	A13	A8	A17	A6	A12	A16	A11	A24	A21	A5
28	C2,C1,C4,C5,C3	A15	A3	A14	A13	A8	A17	A6	A12	A16	A11	A24	A21	A20
29	C2,C1,C5,C3,C4	A14	A15	A3	A13	A8	A17	A6	A12	A11	A24	A4	A5	A16
30	C2,C1,C5,C4,C3	A15	A14	A3	A13	A8	A17	A6	A12	A24	A11	A16	A5	A21

Quadro 7 – Continuação



30	C2,C1,C5,C4,C3	A15	A14	A3	A13	A8	A17	A6	A12	A24	A11	A16	A5	A21
31	C2,C3,C1,C4,C5	A14	A15	A3	A13	A8	A17	A6	A5	A12	A24	A16	A11	A21
32	C2,C3,C1,C5,C4	A14	A15	A3	A13	A8	A17	A6	A5	A24	A12	A11	A16	A4
33	C2,C3,C4,C1,C5	A14	A15	A3	A13	A8	A6	A5	A17	A24	A12	A16	A21	A20
34	C2,C3,C4,C5,C1	A14	A15	A13	A3	A8	A6	A5	A24	A17	A12	A16	A21	A22
35	C2,C3,C5,C1,C4	A14	A15	A13	A3	A8	A6	A5	A24	A17	A12	A11	A16	A21
36	C2,C3,C5,C4,C1	A14	A15	A13	A3	A8	A6	A5	A24	A17	A12	A16	A20	A21
37	C2,C4,C1,C3,C5	A15	A14	A3	A13	A8	A17	A6	A12	A16	A24	A5	A21	A20
38	C2,C4,C1,C5,C3	A15	A14	A3	A13	A8	A17	A6	A12	A24	A16	A5	A21	A20
39	C2,C4,C3,C1,C5	A14	A15	A3	A13	A8	A6	A17	A5	A24	A12	A16	A21	A22
40	C2,C4,C3,C5,C1	A14	A15	A13	A3	A8	A6	A5	A24	A17	A12	A16	A22	A7
41	C2,C4,C5,C1,C3	A14	A15	A3	A13	A8	A6	A17	A24	A5	A12	A16	A21	A20
42	C2,C4,C5,C3,C1	A14	A15	A13	A3	A8	A6	A5	A24	A17	A12	A16	A22	A7
43	C2,C5,C1,C3,C4	A14	A15	A3	A13	A8	A17	A6	A24	A5	A12	A11	A4	A16
44	C2,C5,C1,C4,C3	A14	A15	A3	A13	A8	A17	A6	A24	A5	A12	A11	A16	A21
45	C2,C5,C3,C1,C4	A14	A15	A13	A3	A8	A6	A5	A24	A17	A12	A11	A16	A4
46	C2,C5,C3,C4,C1	A14	A15	A13	A3	A8	A6	A5	A24	A17	A12	A16	A20	A21
47	C2,C5,C4,C1,C3	A14	A15	A13	A3	A8	A6	A24	A5	A17	A12	A16	A21	A20
48	C2,C5,C4,C3,C1	A14	A15	A13	A3	A8	A6	A24	A5	A17	A12	A16	A21	A20
49	C3,C1,C2,C4,C5	A14	A15	A3	A17	A13	A5	A8	A12	A24	A11	A16	A6	A21
50	C3,C1,C2,C5,C4	A14	A15	A3	A17	A13	A5	A8	A24	A12	A11	A4	A16	A6
51	C3,C1,C4,C2,C5	A14	A17	A3	A15	A13	A5	12	A24	A8	A16	A11	A21	A6
52	C3,C1,C4,C5,C2	A14	A17	A3	A15	A5	A13	A24	A12	A16	A11	A21	A20	A8
53	C3,C1,C5,C2,C4	A14	15	A3	A17	A13	A5	A24	A12	A11	A4	A8	A16	A21
54	C3,C1,C5,C4,C2	A14	A17	A15	A3	A5	A13	A24	A12	A11	A16	A21	A20	A4
55	C3,C2,C1,C4,C5	A14	A15	A3	A13	A8	A5	A17	A6	A24	A12	A16	A11	A21
56	C3,C2,C1,C5,C4	A14	A15	A3	A13	A8	A5	A17	A24	A6	A12	A11	A16	A4
57	C3,C2,C4,C1,C5	A14	A15	A13	A3	A8	A5	A17	A6	A24	A12	A16	A21	A20
58	C3,C2,C4,C5,C1	A14	A15	A13	A3	A8	A5	A24	A6	A17	A12	A16	A10	A22
59	C3,C2,C5,C1,C4	A14	A15	A13	A3	A8	A5	A24	A6	A17	A12	A11	A16	A20
60	C3,C2,C5,C4,C1	A14	A15	A13	A3	A8	A5	A24	A6	A17	A12	A16	A10	A20
61	C3,C4,C1,C2,C5	A14	A15	A3	A5	A13	A17	A24	A8	A12	A16	A6	A21	A20
62	C3,C4,C1,C5,C2	A14	A5	A15	A17	A3	A13	A24	A12	A16	A8	A6	A21	A20
63	C3,C4,C2,C1,C5	A14	A15	A13	A3	A5	A8	A17	A24	A6	A12	A16	A21	A20
64	C3,C4,C2,C5,C1	A14	A15	A13	A5	A3	A8	A24	A6	A17	A12	A16	A22	A18
65	C3,C4,C5,C1,C2	A14	A5	A15	A24	A13	A3	A17	A12	A8	A16	A6	A21	A20
66	C3,C4,C5,C2,C1	A14	A5	A15	A13	A24	A3	A8	A6	A17	A12	A16	A22	A18
67	C3,C5,C1,C2,C4	A14	A15	A5	A13	A3	A24	A17	A8	A12	A11	A4	A6	A16
68	C3,C5,C1,C4,C2	A14	A5	A15	A24	A13	A17	A3	A12	A11	A16	A8	A6	A21
69	C3,C5,C2,C1,C4	A14	A15	A13	A5	A3	A24	A8	A17	A6	A12	A11	A16	A4
70	C3,C5,C2,C4,C1	A14	A15	A5	A13	A3	A24	A8	A6	A17	A12	A16	A10	A20
71	C3,C5,C4,C1,C2	A14	A5	A15	A24	A13	A3	A17	A12	A8	A6	A16	A20	A21
72	C3,C5,C4,C2,C1	A14	A5	A15	A13	A24	A3	A8	A6	A17	A12	A16	A10	A20
73	C4,C1,C2,C3,C5	A3	A15	A17	A14	A13	A8	A12	A16	A6	A24	A5	A21	A20
74	C4,C1,C2,C5,C3	A3	A15	A17	A14	A13	A8	A12	A16	A24	A6	A21	A5	A20
75	C4,C1,C3,C2,C5	A14	A17	A3	A15	A13	A12	A8	A16	A5	A24	A6	A21	A20
76	C4,C1,C3,C5,C2	A14	A17	A3	A15	A13	A12	A24	A5	A16	A21	A8	A6	A20
77	C4,C1,C5,C2,C3	A14	A17	A3	A15	A13	A12	A24	A8	A16	A5	A6	A21	A20
78	C4,C1,C5,C3,C2	A14	A17	A3	A15	A13	A12	A24	A5	A16	A21	A8	A6	A20
79	C4,C2,C1,C3,C5	A14	A15	A3	A13	A8	A17	A6	A12	A24	A16	A5	A21	A7
80	C4,C2,C1,C5,C3	A14	A15	A3	A13	A8	A17	A6	A12	A24	A16	A5	A21	A7
81	C4,C2,C3,C1,C5	A14	A15	A3	A13	A8	A17	A6	A5	A24	A12	A16	A22	A7
82	C4,C2,C3,C5,C1	A14	A15	A13	A3	A8	A6	A5	A24	A17	A12	A16	A22	A7
83	C4,C2,C5,C1,C3	A14	A15	A3	A13	A8	A17	A6	A24	A5	A12	A16	A7	A22
84	C4,C2,C5,C3,C1	A14	A15	A13	A3	A8	A6	A5	A24	A17	A12	A16	A22	A7
85	C4,C3,C1,C2,C5	A14	A15	A3	A17	A13	A5	A8	A12	A24	A16	A6	A21	A22
86	C4,C3,C1,C5,C2	A14	A17	A15	A3	A13	A5	A24	A12	A16	A8	A6	A21	A22
87	C4,C3,C2,C1,C5	A14	A15	A3	A13	A8	A5	A17	A6	A24	A12	A16	A22	A7
88	C4,C3,C2,C5,C1	A14	A15	A13	A3	A8	A5	A24	A6	A17	A12	A16	A22	A18
89	C4,C3,C5,C1,C2	A14	A5	A15	A13	A24	A3	A17	A12	A8	A16	A6	A22	A7
90	C4,C3,C5,C2,C1	A14	A15	A5	A13	A3	A24	A8	A17	A6	A12	A16	A22	A18
91	C4,C5,C1,C2,C3	A14	A15	A3	A13	A17	A24	A5	A8	A12	A16	A6	A21	A20
92	C4,C5,C1,C3,C2	A14	A17	A15	A3	A24	A13	A5	A12	A16	A8	A6	A21	A20
93	C4,C5,C2,C1,C3	A14	A15	A13	A3	A8	A24	A5	A17	A6	A12	A16	A7	A22
94	C4,C5,C2,C3,C1	A14	A15	A13	A3	A8	A24	A5	A6	A17	A12	A16	A22	A7
95	C4,C5,C3,C1,C2	A14	A5	A15	A24	A13	A3	A17	A12	A8	A16	A6	A22	A7
96	C4,C5,C3,C2,C1	A14	A15	A13	A5	A24	A3	A8	A17	A6	A12	A16	A22	A7
97	C5,C1,C2,C3,C4	A14	A15	A3	A13	A17	A24	A5	A8	A11	A12	A4	A16	A6
98	C5,C1,C2,C4,C3	A14	A15	A3	A13	A17	A24	A5	A8	A12	A11	A16	A6	A21
99	C5,C1,C3,C2,C4	A14	A15	A17	A3	A13	A24	A5	A11	A12	A4	A8	A16	A21
100	C5,C1,C3,C4,C2	A14	A17	A24	A15	A3	A13	A5	A12	A11	A16	A21	A4	A20
101	C5,C1,C4,C2,C3	A14	A15	A17	A3	A13	A24	A5	A12	A11	A8	A16	A21	A6
102	C5,C1,C4,C3,C2	A14	A17	A24	A15	A3	A13	A5	A12	A11	A16	A21	A20	A8
103	C5,C2,C1,C3,C4	A14	A15	A13	A3	A24	A8	A5	A17	A6	A11	A12	A4	A16
104	C5,C2,C1,C4,C3	A14	A15	A13	A3	A8	A24	A5	A17	A6	A12	A11	A16	A21
105	C5,C2,C3,C1,C4	A14	A15	A13	A3	A24	A8	A5	A6	A17	A11	A12	A4	A16
106	C5,C2,C3,C4,C1	A14	A15	A13	A3	A8	A24	A5	A6	A17	A12	A11	A16	A20
107	C5,C2,C4,C1,C3	A14	A15	A13	A3	A8	A24	A5	A6	A17	A12	A16	A11	A21
108	C5,C2,C4,C3,C1	A14	A15	A13	A3	A8	A24	A5	A6	A17	A12	A16	A20	A21
109	C5,C3,C1,C2,C4	A14	A15	A5	A24	A13	A3	A17	A8	A11	A12	A4	A6	A16

Quadro 7 – Continuação



109	C5,C3,C1,C2,C4	A14	A15	A5	A24	A13	A3	A17	A8	A11	A12	A4	A6	A16
110	C5,C3,C1,C4,C2	A14	A5	A24	A15	A13	A17	A3	A12	A11	A16	A8	A6	A20
111	C5,C3,C2,C1,C4	A14	A15	A13	A5	A24	A3	A8	A17	A6	A11	A12	A4	A16
112	C5,C3,C2,C4,C1	A14	A15	A13	A5	A24	A3	A8	A6	A17	A12	A11	A16	A20
113	C5,C3,C4,C1,C2	A14	A5	A24	A15	A13	A3	A17	A12	A8	A6	A16	A20	A11
114	C5,C3,C4,C2,C1	A14	A5	A24	A15	A13	A3	A8	A6	A17	A12	A16	A20	A21
115	C5,C4,C1,C2,C3	A14	A15	A24	A13	A3	A5	A17	A8	A12	A16	A6	A21	A20
116	C5,C4,C1,C3,C2	A14	A24	A15	A5	A13	A17	A3	A12	A16	A8	A6	A21	A20
117	C5,C4,C2,C1,C3	A14	A15	A13	A24	A3	A5	A8	A17	A6	A12	A16	A21	A20
118	C5,C4,C2,C3,C1	A14	A15	A13	A24	A5	A3	A8	A6	A17	A12	A16	A22	A7
119	C5,C4,C3,C1,C2	A14	A24	A5	A15	A13	A3	A17	A12	A8	A6	A16	A21	A20
120	C5,C4,C3,C2,C1	A14	A24	A5	A15	A13	A3	A8	A6	A17	A12	A16	A22	A7

Fonte: Autores.

Este estudo possibilita a avaliação de cada cenário, por um decisor ou grupo de decisores. Isto é de suma importância pelo fato de poder ser contrastado com outras possibilidades. Como tal cotejo demanda tempo, o que será proposto aqui, a partir de então, é que seja efetuada uma análise geral das informações do Quadro 7. Nele, ao serem observadas as 13 primeiras localidades (em ordem decrescente de utilidade multiatributo), chega-se à conclusão de que, mesmo reordenando todos os critérios, Cachoeira do Sul (A3), Pelotas (A13), Porto Alegre (A14), Rio Grande (A15), Santa Vitória do Palmar (A17) e Triunfo (A24), Mostradas (A12) e Rio Pardo (A16) estiveram presentes 100% entre as 13 localidades escolhidas.

Estrela (A8) esteve presente entre as 13 localidades escolhidas 91,67% das vezes, Canoas (A5) 90,83%, Charqueadas (A5) 80%, Tapes (A21) 65,83%, Jaguarão (A11) 54,17%, São Lourenço do Sul (A20) 46,67%, Camaquã (A4) 25%, Taquari (A22) 19,17%, Cruzeiro do Sul 13,33%, Guaíba (A10) 10% e São Jerônimo 3,33%.

Comparando-se os resultados obtidos, através da avaliação de todos os cenários, e contrastando com os resultados obtidos no Quadro 6 (mantendo-se a ordem dos critérios do Quadro 4) será possível perceber uma concordância de 84,61%. E com as alternativas locais prováveis, apontadas pelo Ministério dos Transportes de 84,61%.

Ainda pode ser verificado, ao ser analisado o Quadro 7, que localidades como Jaguarão, Camaquã, Rio Pardo, Tapes, São Lourenço do Sul, Guaíba, Taquari, Cruzeiro do Sul e São Jerônimo nunca estiveram entre as seis primeiras localidades prioritárias.

Igualmente é observado que Porto Alegre se destaca como primeira opção de escolha na grande maioria dos casos, Rio Grande como segunda melhor alternativa e Cachoeira do Sul na terceira posição no quadro de preferências.

Já os municípios de Pelotas e Estrela dividem-se entre a quarta e quinta localidades com maior potencial de escolha. Santa Vitória do Palmar esteve sempre entre as 9 primeiras localidades a serem selecionadas e Canoas e Triunfo, embora nunca tenham aparecido como primeira opção de escolha, mantiveram boa regularidade, estando sempre presentes entre as 12 possibilidades restantes.

#### 4- CONCLUSÃO

A presente pesquisa abordou o uso do SMARTER, que é um método multicritério de apoio a decisão, que trata da solução de problemas, de modo a considerar, durante o processo decisório, os múltiplos critérios envolvidos bem como a subjetividade inerente à definição de localizações. Ao se aplicar o método, com o intento de identificar as melhores localidades (que margeiam a futura Hidrovia Brasil Uruguai) para receberem terminais de transporte de carga, percebeu-se que



SMARTER mostra-se bastante eficiente para tal intento. É importante salientar que a eficácia na aplicabilidade do método passa por uma boa estruturação metodológica por parte do decisor e do analista e principalmente pelo uso dos ROC weights.

A fim de otimizar o tempo na procura de outros cenários, com a mudança na ordem dos critérios, foi elaborado um programa computacional para facilitar a aplicação do Método SMARTER. Este programa é capaz de criar todos os cenários possíveis de acordo com o número de critérios adotados. No objeto de estudo desta dissertação, percebeu-se ainda mais a sua utilidade, pois, após a verificação completa de todas as possibilidades de ordenação dos atributos, ele ratifica a escolha de algumas localidades indicadas pelo Ministério dos Transportes bem como possibilita a discussão sobre a escolha de outras duas ou três localidades. De posse de um maior número de critérios ou de critérios ainda mais consistentes, o método poderá ser mais eficiente ainda.

Quanto às limitações e dificuldades encontradas neste trabalho, as mesmas dizem respeito à identificação de critérios pertinentes a serem utilizados para localização de terminais hidroviários no lado brasileiro. Por exemplo, a batimetria atualizada é de fundamental importância para orientar os serviços de dragagem e de sinalização náutica, especialmente para a correta demarcação de bancos que se projetam das pontas para interior de lagoas e rios. Para a lagoa Mirim a atualização da última carga náutica data de mais de 100 anos. Logo no critério “a dragar” a consulta realizada traz valores em grandes números (estimativa). Como sugestão para trabalhos futuros, fica a proposta da utilização de outros modelos que considerem um critério único de síntese como, por exemplo, o MAUT. Ou até mesmo, a utilização de um modelo da escola francesa como o ELECTRE ou PROMETHEE.

## 5- REFERÊNCIAS

ACKOFF, R.L. The future of Operational Research is past. *Journal of Operational Research Society*, v.30, pp.93-104, 1979.

AHSUL – Administradora das Hidrovias do Sul. Estudo de Viabilidade Técnica Econômica e Ambiental – EVTEA da Hidrovia Brasil Uruguai, Folheto, Brasília, DF, nov. 2014, 44 p.

BALLOU, R. H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial. 4ª ed. Porto Alegre: Bookmann, 2001.

BALLOU, R. H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial. 5. ed. Porto Alegre. Bookman, 2006.

BARRON, A.H.; BARRETT, B.E. The efficacy of SMARTER – Simple Multi-Attribute Rating Technique Extended to Ranking. *Acta Psychologica*, v.93, p.23-36, 1996.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. Anuário Estatístico do Transporte Aquaviário, 2009.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Especial da Aquicultura e Pesca- SEAP. Balança comercial brasileira, 2010.



- DA MOTTA, J. P. L. , LIMA, M. P. , MACHADO, N. M. Conflitos: Rodovia e meio Ambiente. O Caso da RJ 165, Paraty (RJ) – Cunha (SP). Serviços de Estudos de Impactos Ambientais Fundação DER-RJ/1992/ Transportes – ANPET, 1993.
- EDWARDS, W; BARRON, F. H. SMARTS and SMARTER: Improved Simple Methods for Multiattribute Utility Measurement. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, v.60, p.306-325, 1994.
- GAITHER, N.; FRAZIER, G.; Administração da Produção e Operações, 8ª ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.
- GAITHER, N.; FRAZIER, G. Administração da Produção e Operações. São Paulo: Thomson Learning, 2004.
- GOMES, C. F. S., MONTEIRO GOMES, L. F. A. A Função de Decisão Multicritério. Parte II: Classificação dos Métodos Empregados na Modelagem Multicritério. *Revista do Mestrado de Administração*, Ano 2, n. 3, 2003.
- GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. Tomada de decisões em cenários complexos. São Paulo: Thomson, 2004.
- KEENEY, RL; RAIFFA, H. Decision with Multiple Objectives: Preferences and value trade-offs. John Wiley & Sons, 1976.
- MELACHRINOUDIS, E.; MIN, H. “The Dynamic Relocation and Phase-out of a Hybrid, Two-echelon Plant/Warehousing Facility: A Multiple Objective Approach”. *European Journal of Operational Research*, v. 123, n. 1, p. 1-15, 2000.
- OWEN, S. H.; DASKIN, M. S. Strategic facility location: A review. *European Journal of Operational Research*, v. 111, p. 423-447, 1998.
- PORCIÚNCULA, G.; FRÓE, C. N.; CORREA, M. G. e COUTO, R. S. A importância da barragem eclusa do canal São Gonçalo para a rede portuária transfronteiriça via hidrovía Brasil Uruguai. In: II CONGRESSO INTERNACIONAL DE DESEMPENHO PORTUÁRIO. Florianópolis, 2015.
- RANDHAWA, U.; WEST, T. M. An Integrated Approach to Facility location Problems. *Computers and Engeneering*, v29, n 1, pg. 261-265, 1995.
- RIO GRANDE DO SUL. SECRETARIA DA COORDENAÇÃO E PLANEJAMENTO (SCP). Atlas Socioeconômico do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.
- ROCHA JR, M. L. da. Análise Multiatributo com Tratamento da Incerteza: Aplicação do Método INTERVAL SMART / SWING WEIGHTING à Escolha de Fornecedores de Serviços de TI . 2008. 81 p. (Mestrado) -FACULDADE DE ECONOMIA E FINANÇAS IBMEC,Rio de janeiro, 2008.
- ROMERO, B. de C. Análise de Plataformas Logísticas: Aplicação ao Caso do ETSP –Entrepasto Terminal São Paulo – da CEAGESP. 2006. – 144 p. (Mestrado)- ESCOLA POLITÉCNICA, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- ROY, B.; BOUYSSOU, D. Aide multicritère à la décision: méthodes et cas. *Economica*, Paris, 1993. p. 695.
- SILVA, F. A. B. da. Modelo para localização geográfica de indústrias baseado em regras difusas. 2001. 173 p. (Mestrado) - ESCOLA POLITÉCNICA, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.



SOARES DE MELLO, J.C.C.B. ; GOMES, E.G. ; SOARES DE MELLO, M.H.C. .  
Emprego de métodos ordinais multicritério na análise do campeonato mundial de Fórmula 1. Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção da UFF, v. 2, p. 9, 2003

SOUTO, D. L. Hidrovia Brasil Uruguai. Estudos de Viabilidade Técnico-Econômica e Ambiental – EVTEA. Ecoplan, 2016.

VILAS BOAS, C. L. de. Análise da aplicação de métodos multicritérios de decisão na gestão de recursos hídricos. In: XVI Simpósio de Recursos Hídricos, 2005, João Pessoa. Integrando a gestão de águas às políticas sociais e de desenvolvimento econômico, 2005.

VON WINTERFELDT, D.; EDWARDS, W. Decision Analysis and behavioral research. New York: Cambridge University press, 1996.