

## **A ESCOLHA MODAL NO TRANSPORTE DE CARGAS SOB A ÓTICA DA MODELAGEM NEURO-FUZZY: UM ESTUDO DE CASO**

**Renata Lúcia Magalhães de Oliveira**

**Marcus Vinícius Quintella Cury**

Instituto Militar de Engenharia

### **RESUMO**

A efetividade do processo de escolha modal no transporte de cargas consiste na obtenção de resultados que minimizem os custos e mantenham o nível de serviço prestado ao cliente. Entretanto, os atributos intervenientes nesse processo decisório não são apenas objetivos, envolvendo também parâmetros qualitativos, o que dificulta a utilização de modelos puramente matemáticos para análise das alternativas de transporte existentes. Assim, o modelo aqui apresentado tem por objetivo apoiar a escolha modal no transporte de cargas, com base em informações quantitativas e também nas avaliações qualitativas de especialistas, utilizando-se a tecnologia *Neuro-Fuzzy*. Na implementação apresentada, o modelo indica a alternativa rodo-ferroviária como a mais efetiva para o transporte de soja originada em Rondonópolis, MT para exportação pelo TPD em Vitória, ES, frente à alternativa exclusivamente rodoviária.

### **ABSTRACT**

The effectiveness in freight mode choice consists in minimizing costs and maintaining the level of service provided to the customer. Nevertheless, since the attributes that influence this decision making process can be both objective and subjective, it becomes difficult to use mathematical models to analyze transportation alternatives. Therefore, the main objective of the model is to support freight mode choice through *Neuro-Fuzzy* technology, representing the decision making process according to specialists. The application of the model indicates that the alternative that considers road and railroad transport is more effective for transporting soy beans from Rondonópolis, MT to Vitória, ES than using exclusively road transport.

### **1. INTRODUÇÃO**

Os serviços logísticos são essenciais para o desenvolvimento econômico social. Os setores produtivos necessitam de adequados serviços de transporte e armazenagem, buscando o aumento da produtividade e a redução do custo unitário de produção. As atividades relacionadas ao transporte são essenciais, podendo representar até 75% dos custos logísticos, agregando valor de lugar aos insumos e bens acabados (Ballou, 2001). O processo de escolha modal, objeto do presente artigo, pode ser considerado como principal responsável pela efetividade da operação de transportes, uma vez que, elevados custos de transporte podem acarretar perda de competitividade dos produtos no mercado internacional e aumento dos preços no mercado doméstico.

Por se tratar de um processo, cujos atributos, em sua maioria, possuem características de subjetividade e onde a experiência do tomador de decisão é bastante significativa, torna-se necessária a utilização de uma ferramenta que permita a associação de variáveis quantitativas e qualitativas convergidas a um único parâmetro de avaliação.

Há alguns modelos que possibilitam a utilização de parâmetros objetivos e subjetivos para a determinação da melhor alternativa de transportes (métodos de escolha discreta, métodos multicriteriais etc.). Entretanto, a obtenção dos dados e a calibração de sistemas *fuzzy* é, geralmente, mais simples do que em sistemas convencionais. Assim, um modelo que agrega a tecnologia das Redes Neurais Artificiais à Lógica *Fuzzy* (Tecnologia *Neuro-Fuzzy*) é proposto, consolidando um modelo de apoio à decisão modal.

## 2. A ESCOLHA MODAL NO TRANSPORTE DE CARGAS

A escolha modal no transporte de cargas pode ser definida como a atividade de planejamento de transportes que determina qual modo (ou modos) devem ser utilizados durante o transporte de insumos e bens acabados, sendo necessária a definição das características pertinentes ao processo de movimentação das cargas. Na escolha modal deve-se considerar diversas variáveis qualitativas e quantitativas intervenientes nesse processo, tais como as características de mercado, a infra-estrutura de transporte e as tecnologias disponíveis. (Rodrigues, 2001).

Os principais fatores considerados no processo de escolha modal são apresentados nos trabalhos de autores como Novaes (1986), Cook *et al* (1999), Vieira (1992), Monteiro *et al* (2001) e Ballou (2001), entre outros. Dentre esses fatores, encontram-se o custo de transporte, os custos de estoque, o valor agregado da carga, a confiabilidade no modo de transporte, a acessibilidade do modo, o *transit time*, a segurança da carga, a flexibilidade da opção modal etc. É consenso entre os autores que a efetividade da escolha modal esteja relacionada com a obtenção de resultados que minimizem os custos logísticos e mantenham a qualidade no atendimento aos clientes.

Os parâmetros qualitativos são de difícil mensuração e podem apresentar elevados índices de subjetividade, justificando a aplicação de métodos que permitam a convergência destes parâmetros para um coeficiente único, viabilizando assim, a tomada de decisão considerando todos os atributos relevantes.

Diversos métodos e procedimentos são utilizados para apoio na decisão quanto à escolha modal. Dentre esses métodos, há aplicações de modelos de programação linear, considerando exclusivamente variáveis quantitativas, conforme apresentado nos trabalhos de Martins e Caixeta-Filho (2001) e Caldas (2000) e de algoritmos de rede, conforme o trabalho de Soncim (2002). Considerando parâmetros subjetivos e objetivos, os métodos de escolha discreta são aplicados na escolha modal, conforme trabalhos de Camargo *et al* (2000) e Monteiro *et al* (2001). Os métodos multicriteriais também são utilizados nesse processo de escolha e são apresentados nos trabalhos de Granemann e Gartner (2000).

O presente artigo apresenta um modelo de escolha modal para o transporte de cargas, desenvolvido a partir da opinião de especialistas considerando as diferentes opções de transporte existentes e suas respectivas variáveis através da utilização da tecnologia *Neuro-Fuzzy*.

Até o presente momento, não se conhece um volume considerável de aplicações dessa tecnologia a processos de escolha modal, apesar de sua adequação ao tratamento de problemas desta natureza. A busca por novas metodologias para abordar a escolha modal visa a diferenciação do paradigma atual, onde modelos exatos são utilizados amplamente.

## 3. TECNOLOGIA NEURO-FUZZY

A tecnologia *neuro-fuzzy* pode ser caracterizada pela associação da lógica *fuzzy* à arquitetura das redes neurais, estruturando uma ferramenta adequada para o processamento de informações.

Em modelos *Neuro-Fuzzy*, os dados de entrada podem ser quantitativos e qualitativos e são agrupados para determinar um parâmetro de comparação entre as alternativas. Uma vez que os modelos exatos adequados a esse tipo de cálculo são de aplicação bastante complexa, a metodologia *Neuro-Fuzzy* possibilita e simplifica a reprodução do processo de decisão humana. Essa metodologia estrutura-se a partir da combinação de todos os atributos em blocos de inferência que utilizam bases de regras *fuzzy* e expressões lingüísticas, para que a preferência por cada alternativa de transporte em estudo possa ser expressa por meio de uma “nota”, variando entre 0 e 10 (Cury, 1999).

### 3.1. Lógica Fuzzy

A lógica *fuzzy* é um conjunto expandido da lógica Booleana, desenvolvido para tratar o conceito de verdade parcial, ou seja, para abordar valores exatos compreendidos entre o “completamente verdadeiro” e o “completamente falso” (Cury, 1999). A adequação da lógica *fuzzy* à realidade humana é facilmente verificada, uma vez que, no ambiente humano, o processo decisório ocorre em ambiente de incerteza.

Um sistema *fuzzy* típico é composto por processos de fuzificação, inferência *fuzzy* e defuzificação.

#### 3.1.1. Fuzificação

O processo de fuzificação envolve a determinação das funções de pertinência para cada uma das variáveis de entrada. Se os dados de entrada forem valores precisos, resultados de medições ou observações, é necessário efetuar-se a estruturação de conjuntos *fuzzy* para as variáveis de entrada, consistindo no processo de fuzificação. Caso as variáveis de entrada sejam obtidas em valores lingüísticos, não é necessário o processo de fuzificação.

A definição das funções de pertinência, que indicam o quanto um elemento pertence a um dado conjunto, é uma etapa fundamental no desenvolvimento de sistemas *fuzzy*. Não existem regras específicas para a escolha destas funções que representam o conhecimento de um especialista no assunto em questão ou informações extraídas de um banco de dados. Exemplificações a respeito da obtenção de funções de pertinência a partir da opinião de especialistas podem ser obtidas em Cury (1999).

Os conjuntos *fuzzy* podem ser caracterizados como uma generalização dos conjuntos Booleanos, onde a função de pertinência pode assumir valores em intervalos determinados. Usualmente, considera-se o intervalo  $[0,1]$ , quando não é correto dizer que um elemento pertence a um determinado conjunto, e sim, apresenta um certo grau de pertinência. Assim, um conjunto *fuzzy*  $A$  em um universo determinado  $X$ , é um conjunto de pares ordenados representados pela Equação 1.

$$A = \{(\mu_A(x), x) \mid x \in X\} \quad (1)$$

onde  $\mu_A(x)$  é função de pertinência (ou grau de pertinência) de  $x$  em  $A$  e é definida como o mapeamento de  $X$  no intervalo fechado  $[0,1]$ , conforme a Equação 2 (Pedrycz e Gomide, 1998).

$$\mu_A(x) : X \rightarrow [0,1] \quad (2)$$

### 3.1.2. Inferência Fuzzy

A base de regras da inferência *fuzzy* é composta por regras do tipo SE-ENTÃO, que são responsáveis pela associação das variáveis de entrada e geração das variáveis de saída em termos lingüísticos, com suas respectivas funções de pertinência.

Segundo Von Altrock (1997), a cada regra, atribui-se um fator de ponderação que reflete a importância desta na base de regras. Esse coeficiente é denominado Fator de Certeza (FC), e pode variar no intervalo [0,1], sendo multiplicado pelo resultado da agregação (parte SE da inferência).

A inferência *fuzzy* é estruturada por dois componentes: (i) agregação, ou seja, a computação da parte SE das regras; e (ii) composição, referente à parte ENTÃO das regras. Os Graus de Certeza (GdC) que determinam os vetores lingüísticos resultantes dos processos de agregação e composição são definidos a partir Equação 3.

$$GdC_s: \max[FC_1 \cdot \min\{GdC_{A_{11}}, GdC_{A_{12}}, \dots, GdC_{A_{1m}}\}, \dots, FC_n \cdot \min\{GdC_{A_{n1}}, GdC_{A_{n2}}, \dots, GdC_{A_{nm}}\}] \quad (3)$$

### 3.1.3. Defuzzificação

Em algumas aplicações, a interpretação de um resultado é suficiente, como por exemplo, quando deseja-se uma resposta qualitativa ou verbal. Entretanto, em outras aplicações, um valor numérico como resultado do sistema é necessário (como por exemplo, na ordenação e comparação). Nesses casos, após a inferência *fuzzy*, é necessário um processo de defuzzificação, ou seja, transformar os valores lingüísticos em valores numéricos, a partir de suas funções de pertinência (Von Altrock, 1997).

Usualmente, utiliza-se o método do Centro de Máximos para determinação de um valor exato para o vetor lingüístico da VS. A partir desse método, definem-se os graus de certeza dos termos lingüísticos como “pesos” associados a cada um destes valores. O valor de compromisso exato (VC) é determinado através da ponderação dos pesos com relação aos valores típicos (valores máximos das funções de pertinência), conforme definição da Equação 4 (Von Altrock, 1997).

$$VC = \frac{\sum_{i=1}^n GdC_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n GdC_i} \quad (4)$$

onde  $GdC_i$  representam os graus de certeza dos termos lingüísticos da variável de saída final e  $X_i$  indica os valores típicos para os termos lingüísticos, que correspondem aos máximos dos conjuntos *fuzzy* que definem a variável de saída final.

## 4. MODELO NEURO-FUZZY PROPOSTO

O modelo proposto visa subsidiar o processo de escolha modal no transporte de cargas, considerando as Variáveis de Entrada (VE) apresentadas na Tabela 1. Essas variáveis são caracterizadas segundo o tipo sendo quantitativas ou qualitativas. São também apresentados os termos lingüísticos atribuídos a cada VE.

**Tabela 1:** Termos lingüísticos atribuídos às variáveis de entrada

Descrição	Tipo	Termos Lingüísticos		
Custos de Transporte (R\$)	Quantitativa	Baixo	Médio	Alto
Custos Indiretos (R\$)	Quantitativa	Baixo	Médio	Alto
Valor Agregado da Carga	Qualitativa	Baixo	Médio	Alto
Frequência da Oferta	Qualitativa	Baixa	Média	Alta
<i>Transit Time</i> (h)	Quantitativa	Baixo	Médio	Alto
Perdas e Danos	Qualitativa	Baixa	Média	Alta
Confiabilidade	Qualitativa	Baixa	Média	Alta
Disponibilidade de Informações	Qualitativa	Baixa	Média	Alta
Instalações Logísticas	Qualitativa	Pouco	Moderado	Muito
Acessibilidade	Qualitativa	Baixa	Média	Alta
Flexibilidade	Qualitativa	Baixa	Média	Alta

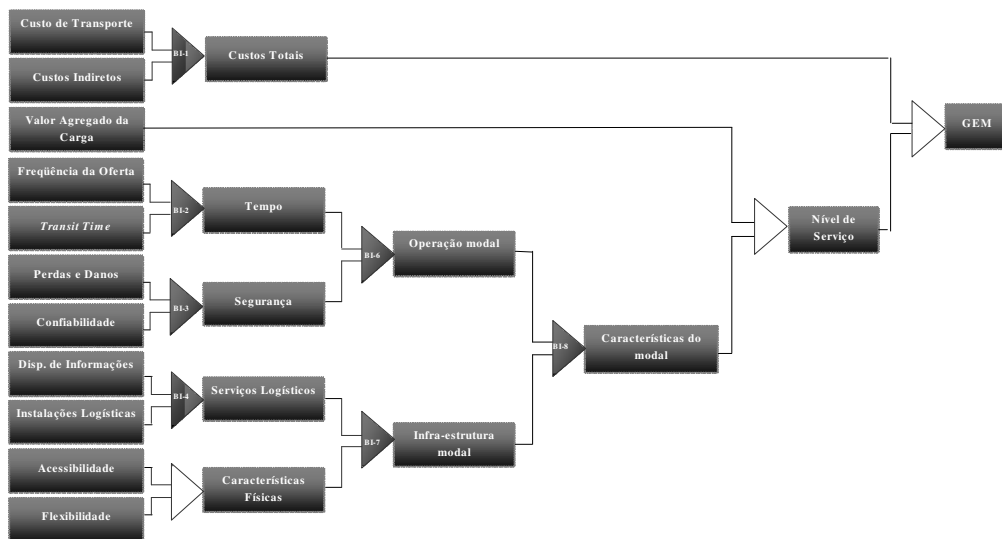
As VE passam pelo processo de inferência *fuzzy*, resultando nos termos lingüísticos das Variáveis Intermediárias (VI), apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2:** Termos lingüísticos atribuídos às variáveis intermediárias

Descrição	Termos Lingüísticos		
Custos Totais	Baixo	Médio	Alto
Tempo	Lento	Moderado	Rápido
Segurança	Baixa	Média	Alta
Serviços Logísticos	Pouco	Moderado	Muito
Características Físicas	Ruim	Regular	Bom
Operação Modal	Ruim	Regular	Bom
Infra-estrutura Modal	Ruim	Regular	Bom
Características do Modal	Ruim	Regular	Bom
Nível de Serviço	Ruim	Regular	Bom

A Variável de Saída (VS) do modelo *Neuro-Fuzzy* proposto foi denominada Grau de Efetividade Modal (GEM), sendo resultado dos processos de fuzificação, inferência e defuzificação.

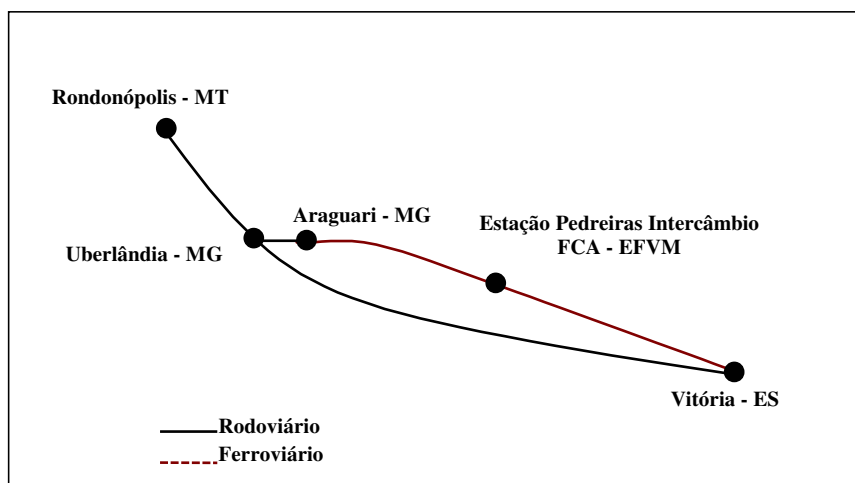
Na Figura 1 é apresentado o modelo *Neuro-Fuzzy* que associa as VE, com suas camadas intermediárias e de saída, por meio de blocos de inferência nos quais estão contidas as regras de inferência para cada par de variáveis considerado. O resultado de cada implementação é o GEM, definido entre 0 e 10, em escala crescente conforme a adequação dos serviços de transporte às necessidades do cliente, em termos de custos e do nível de serviço ofertado. O GEM baliza a escolha da melhor alternativa de transporte, dentre as consideradas, através da comparação de seus valores.



**Figura 1:** Modelo *Neuro-Fuzzy* para a escolha modal no transporte de cargas

## 5. ESTUDO DE CASO

Para melhor entendimento do modelo *Neuro-Fuzzy* proposto, apresentar-se-á uma aplicação hipotética do mesmo para a escolha modal no transporte de soja entre Rondonópolis, MT e Vitória, ES, visando exportação.



**Figura 2:** Opções de transporte entre Rondonópolis, MT e Vitória, ES

As características de cada opção, referentes à origem e destino do transporte, à extensão rodoviária e rodo-ferroviária, ao custo por tonelada transportada e ao *transit time*, são apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 3:** Características das opções de transporte entre Rondonópolis e Vitória

Alternativa modal	Origem	Destino	Distância (km)	Modo	Frete (R\$/t)	Custo total (R\$/t)	Transit Time (h)	Transit time total (h)
A	Rondonópolis	Araguari	845	Rodoviário	68,45	97,84	48:00	143:00
	Terminal	Araguari	0	Rodo-ferroviário			24:00	
	Araguari	Pedreiras	767	Ferroviário	16,00		28:00	
	Pedreiras	Vitória	603	Ferroviário	13,39		43:00	
B	Rondonópolis	Vitória	1908	Rodoviário	156,84	156,84	120:00	120:00

É necessário o levantamento dos dados referentes às VE para que sejam estruturados os conjuntos *fuzzy*, os Blocos de Inferência (BI) e determinados os vetores lingüísticos das VI e VS.

Na Tabela 4 são apresentados os vetores lingüísticos de cada VE quantitativa para os valores definidos anteriormente.

**Tabela 4:** Vetores lingüísticos para as VE quantitativas

Parâmetro	Termo Lingüístico	Grau de certeza	
		A	B
Custo de Transporte	Valor Atribuído	97,84	156,84
	Baixo	40%	0%
	Médio	60%	50%
	Alto	0%	50%
Custo Indireto	Valor Atribuído	29,35	47,05
	Baixo	70%	0%
	Médio	30%	85%
	Alto	0%	15%
Transit time	Valor Atribuído	143	120
	Baixo	0%	0%
	Médio	60%	100%
	Alto	40%	0%

Considerando apenas os critérios adotados pelo especialista 1 para atribuição de valores às VE das opções de transporte, os vetores lingüísticos dessas VE são apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5:** Vetores lingüísticos para as VE qualitativas para o especialista 1

Parâmetro	Termo Lingüístico	Grau de certeza	
		A	B
Valor Agregado da Carga	Valor Atribuído	9	9
	Baixo	100%	100%
	Médio	0%	0%
	Alto	0%	0%
Frequencia da oferta	Valor Atribuído	5	9
	Baixa	0%	0%
	Média	100%	0%
	Alta	0%	100%
Perdas e Danos	Valor Atribuído	7	8
	Baixa	65%	85%
	Média	35%	15%
	Alta	0%	0%
Confiabilidade	Valor Atribuído	8	9
	Baixa	0%	0%
	Média	25%	10%
	Alta	75%	90%
Disponibilidade de Informações	Valor Atribuído	9	6
	Baixa	0%	0%
	Média	0%	90%
	Alta	100%	10%
Instalações Logísticas	Valor Atribuído	8	6
	Pouco	0%	0%
	Moderado	20%	80%
	Muito	80%	20%
Acessibilidade	Valor Atribuído	7	8
	Baixa	0%	0%
	Média	30%	10%
	Alta	70%	90%
Flexibilidade	Valor Atribuído	8	7
	Baixa	0%	0%
	Média	10%	50%
	Alta	90%	50%

Após a determinação dos termos lingüísticos para cada VE, agrupa-se esses termos para a formação da base de regras de cada BI. Na Tabela 6 são apresentadas as regras para inferência do BI-1. Tomando-se a regra 1 como exemplo, tem-se que, se o Custo de Transporte é BAIXO e o Custo Indireto é BAIXO, então os Custos Totais são BAIXOS.

**Tabela 6:** Base de regras *fuzzy* do bloco de inferência BI-1

Regra	SE		ENTÃO
	Custo de Transporte	Custo de Estoque	Custos Diretos
1	Baixo	Baixo	Baixo
2	Baixo	Médio	Baixo
3	Baixo	Alto	Médio
4	Médio	Baixo	Baixo
5	Médio	Médio	Médio
6	Médio	Alto	Alto
7	Alto	Baixo	Médio
8	Alto	Médio	Alto
9	Alto	Alto	Alto

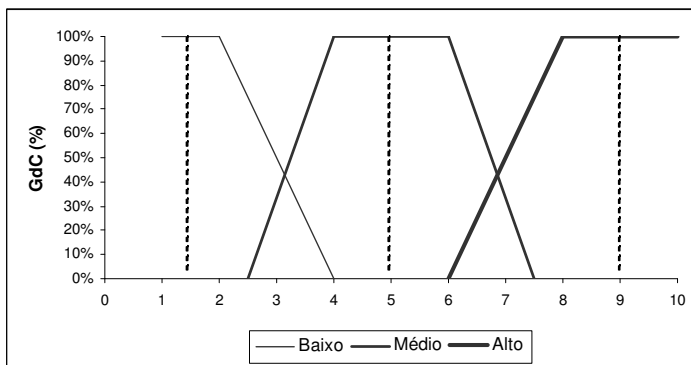
Conforme descrito anteriormente, a defuzzificação permite a obtenção de um grau quantitativo atribuído ao vetor lingüístico da variável de saída – GEM – de cada alternativa. Esse grau



permite a comparação entre as opções propostas para o transporte da soja entre Rondonópolis, MT e Vitória, ES.

Utilizando-se o método do centro de gravidade, desenvolve-se o processo de defuzzificação, resultando uma nota contida em uma escala de 0 a 10, que determina o GEM.

Na Figura 3 são apresentados os conjunto *fuzzy* obtidos para a variável de saída Grau de Efetividade Modal.



**Figura 3:** Conjuntos *fuzzy* para a variável de saída GEM

Calcula-se o valor quantitativo do GEM para cada alternativa e para cada especialista. O GEM final de cada alternativa é a média aritmética dos valores resultantes da defuzzificação de cada especialista. Na Tabela 7 são apresentados os vetores linguísticos da VS GEM para cada especialista e o GEM defuzzificado.

**Tabela 7:** Vetores lingüísticos e GEM segundo os especialistas

Esp.	Opção A				Opção B			
	GdC			GEM	GdC			GEM
	Baixo	Médio	Alto		Baixo	Médio	Alto	
1	0,06	0,13	0,15	6,16	0,18	0,17	0,00	3,21
2	0,06	0,13	0,15	6,16	0,19	0,18	0,00	3,21
3	0,13	0,11	0,13	5,15	0,18	0,17	0,00	3,21
4	0,06	0,13	0,15	6,16	0,18	0,17	0,00	3,21
5	0,04	0,13	0,15	6,51	0,18	0,17	0,00	3,21
6	0,13	0,11	0,12	5,11	0,11	0,11	0,00	3,21
7	0,08	0,13	0,15	5,86	0,18	0,17	0,00	3,21
8	0,04	0,13	0,15	6,51	0,17	0,16	0,00	3,21
9	0,13	0,11	0,12	5,11	0,17	0,16	0,00	3,21
10	0,08	0,13	0,15	5,86	0,21	0,09	0,00	2,54
11	0,02	0,18	0,25	7,03	0,18	0,17	0,00	3,21
12	0,06	0,13	0,15	6,16	0,18	0,17	0,00	3,21
13	0,08	0,13	0,15	5,86	0,30	0,29	0,00	3,21
14	0,00	0,18	0,25	7,34	0,17	0,16	0,00	3,21
15	0,15	0,12	0,06	4,13	0,32	0,05	0,00	1,98
16	0,08	0,13	0,15	5,86	0,18	0,17	0,00	3,21
17	0,06	0,13	0,15	6,16	0,23	0,08	0,00	2,45
18	0,06	0,13	0,15	6,16	0,18	0,17	0,00	3,21
19	0,11	0,12	0,14	5,43	0,16	0,15	0,00	3,21
20	0,06	0,13	0,15	6,16	0,25	0,24	0,00	3,21

Considerando todos os especialistas, os valores do GEM para as opções A e B, obtidos a partir da média aritmética dos GEM definidos para cada especialista, são apresentados na Tabela 8.

**Tabela 8:** Grau de Efetividade Modal para as opções de transporte propostas

Opção A	Opção B
5,94	3,08

Comparativamente, a alternativa A, rodo-ferroviária, apresentou maior efetividade no transporte, considerando variáveis referentes ao custo e ao nível de serviço prestado apresentadas no modelo.

## 6. CONCLUSÕES

O modelo *Neuro-Fuzzy* para escolha modal no transporte de cargas é uma ferramenta eficiente para a comparação de opções de transporte. A partir da associação de variáveis objetivas e subjetivas intervenientes no processo de escolha modal através de uma rede neural hierárquica que utiliza um processo de inferência *fuzzy* para conversão de informações é possível gerar um valor numérico, denominado Grau de Efetividade Modal. Esse valor representa a adequação da opção de transporte às necessidades do cliente. Quanto maior o GEM, mais efetiva a alternativa de transporte para a situação analisada.

A facilidade de entendimento e a flexibilidade de sua utilização são vantagens da modelagem a partir da tecnologia *Neuro-Fuzzy*.

O presente trabalho traz como contribuição a estruturação de um modelo baseado na tecnologia *neuro-fuzzy* para subsídio à escolha modal no transporte de cargas, como alternativa a modelos matemáticos usualmente complexos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ballou, R. H. (2001) *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Planejamento, Organização e Logística Empresarial*. 4 ed. Ed. Bookman, Porto Alegre.
- Caldas, M. A. (2000) *Modelagem da cadeia logística de abastecimento da soja – uma análise do fluxo de soja pelos corredores de exportação*. XVI ANPET. Gramado.
- Camargo, O.; Gonçalves, M. B.; Lima, M. L. P. (2000) Comparação entre as Estratégias de Ordenação e de Avaliação em Preferência declarada Aplicadas ao Transporte de Soja no Oeste Paranaense. *Anais do XIV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Gramado*.
- Cook, P. D. et al. (1999) Key factors in road-rail mode choice in Índia: Applying the logistics cost approach. *Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference*.
- Cury, M. V. Q. (1999) *Modelo Heurístico Neuro-Fuzzy para Avaliação Humanísticas de Projetos de Transporte Urbano*. Tese de Doutorado. UFRJ, Rio de Janeiro.
- Granemann, S. R. e Gartner, I. R. (2000) Modelo Multicriterial para Escolha Modal/Submodal de Transporte. *Anais do XIV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Gramado*.
- Martins, R. S.; Caixeta-Filho, J. V. (2001) *Subsídios à tomada de decisão na escolha da modalidade e ao planejamento dos transportes no estado do Paraná em Sistemas de Gerenciamento de Transportes – Modelagem Matemática*. São Paulo: Ed. Atlas.
- Monteiro, A. B. F. C.; Martins, W. C.; Rodrigues, F. H. (2001) *Processo de decisão do modal no transporte de carga em Gestão Logística do Transporte de Cargas*. São Paulo: Ed. Atlas.
- Novaes, A. G. (1986) *Sistemas de Transporte. Volume 1: Análise da Demanda*. Edgard Blücher Ltda, São Paulo.
- Rodrigues, P. R. A. (2001) *Introdução dos Sistemas de Transporte no Brasil e à Logística Internacional*. Ed. Aduaneiras, São Paulo.
- Soncim, S. P. (2002) *Metodologia para análise e seleção de alternativas de transporte de cargas em corredores de exportação: o caso do transporte de mármore e granitos*. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia.
- Vieira, L. F. M. (1992) *The value of service in freight transportation*. Ph.D. Dissertation. Department of civil engineering. Massachusetts Institute of Technology.
- Von Altrock, C. (1997) *Fuzzy Logic and Neurofuzzy Applications in Business and Finance*. Prentice Hall, New Jersey.

## Capítulo 17

### *Planejamento Logístico*

