

ABKOWITS, M; CHENG, P. **Developing a Risk-Cost Framework of Routing Truck Movements of Hazardous Materials.** *Accid. Anal. Prevent*, Vol 20, nº 1, 1988, p. 39-51.

BATTA, R.; CHIU, S. S. et. al.,. **Optimal Obnoxious Paths on a Network: Transportation of Hazardous Materials.** *Operations Research*, Vol 36, 1988, p. 84-92.

BRONFMAN, A. **Generación de Residuos Sólidos Industriales Peligrosos en la Región Metropolitana, Sistema de Ruteo y Localización de Centros de Tratamiento.** Memoria del título de Ingeniero Civil Industrial, con Diploma en Ingeniería de Transporte. Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile, 2001.

BRONFMAN, A. **Multiproducto y Equidad en el Ruteo de Materiales Peligrosos.** Tesis del grado de Magíster en Ciencia de la Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Transporte de la Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile, 2004.

BRONFMAN, A.; GARRIDO, R. **Consideraciones para la Evaluación del Riesgo en el Ruteo de Materiales Peligrosos Multiobjetivo-Multiproducto.** Documento de Trabajo nº 90. Vicuña Mackenna 4860, Casilla 306, Cod. 105, Santiago, Chile. Tel: 56-2-6864270; Fax: 56-2-5530281, 2004.

CRAFT, R. **Crashes involving Trucks carrying Hazardous Materials.** U.S. Federal Motor Carrier Safety Administration, Office of Information Management. Publication #: FMCSA-RI-04-024, May, 2004.

DESROCHERS, M; LAPORTE, G. **Improvements and Extensions to the Miller-Tucker-Zemlin Subtour Elimination Constraints.** *Operations Research Letters*, Vol 10, p. 27-36, 1991.

ERKUT, E.; INGOLFSSON, A. **Catastrophe Avoidance Models for Hazardous Materials Route Planning.** *Transportation Science*, Vol 34, nº 2, p. 165-178, 2000.

ERKUT, E.; VETER, V. **Modeling of Transport Risk for Hazardous Materials.** *Operations Research*, Vol 46, nº 5, p. 625-642, 1998.

ERKUT, E.; VETER, V. et al. **Hazardous Material Logistics in Facility Location: a Survey of Applications and Methods**. Ed. Z. Drezner, Springer, Berlin, 1995.

GOPALAN, R.; KOLLURI, K. S.; BATTÀ, R.; KARWAN, M. H. **Modeling Equity of Risk in the Transportation of Hazardous Materials**. *Operations Research*, Vol 38, nº 6, p. 961-973, 1990.

HUANG, B.; FERY, P. **Aiding Route Decision for Hazardous Material Transportation**. 84th TRB Annual Meeting – Committee on Transportation of Hazardous Materials, 2005.

JIN, H.; BATTÀ, R. **Objectives Derived from Viewing Hazmat Shipments as a Sequence of Independent Bernoulli Trials**. *Transportation Science*, Vol 31, nº 3, p. 252-261, 1997.

JIN, H.; BATTÀ, R.; KARWAN, M. H. **On the Analysis of Two New Models for Transporting Hazardous Materials**. *Operations Research*. Vol 44, nº 5, p. 710-723, 1996.

LINDER-DUTTON, L.; BATTÀ, R.; KARWAN, M. H., **Equitable Sequencing of a given set of Hazardous Materials Shipments**. *Transportation Science*. Vol 25, nº 2, p. 124-137, 1991.

LIST, G.; MIRCHANDANI, P.; TURNQUIST, M.; ZOGRAFOS, K. et al. **Modeling and Analysis for Hazardous Materials Transportation: Risk Analysis, Routing/Scheduling and Facility Location**. *Transportation Science* Vol 25, nº 2, p. 100-114, 1991.

ROMERO C. **Análisis de las Decisiones Multicriterio**. Series Monográficas de Ingeniería de Sistemas, Isdefe 4. ed, 1996.

SACCOMANNO, F.; Shortreed, J. **Hazardous Material Transport Risk: Societal and Individual Perspectives**. *Journal of Transportation Engineering*, Vol 119, p. 177-188, 1993.

SHERALI, H. D.; BRIZENDINE, L. D.; GLICKMAN, T. S.; SUBRAMANIAN, S. **Low Probability-High Consequence Considerations in Routing Hazardous Materials Shipments**. *Transportation Science*, Vol 31, nº 3, p. 237-251, 1997.

SIVAKUMAR, R. A.; BATTÀ, R.; KARWAN, M. H. **A Network-Based Model for Transporting Extremely Hazardous Materials**. *Operations Research Letters*. Vol 13, p. 85-93, 1993.

SIVAKUMAR, R. A.; BATTÀ, R.; KARWAN, M. H. **A Multiple Route Conditional Risk Model for Transporting Hazardous Materials**. *Information Science Operations Research*, Vol 33, nº 1, p. 20-33, 1995.

RSPA, Research & Special Programs Administration. **Hazmat Summary by State for Calendar Year.** Office of Hazardous Materials Safety, the United States Department of Transportation's Research and Special Programs Administration, 1993-2001. Disponíveis em: <http://hazmat.dot.gov/files/hazmat/1993/1993frm.htm>; <http://www.rspa.dot.gov/>; <http://www.dot.gov/>. Acesso em: Abril, 2007.

ZOGRAFOS, K.; DAVIS, C. F. **Multiobjective Programming Approach for Routing Hazardous Materials.** *Journal of Transportation Engineering*. Vol 115, p. 661-673, 1989.

ANEXO 1

Restrições lineares para a eliminação de *Subtour*

Através da aplicação de problemas de roteirização, como por exemplo, o do caixeiro viajante, Desrochers e Laporte (1991) desenvolveram restrições lineares para a eliminação de *subtour*. Sem tais restrições é possível que uma solução ótima contenha ciclos dos tipos C_1 e C_2 mostrados na figura 1.

Essas restrições são representadas pelo conjunto de expressões que seguem:

$$y_{h(a)} \geq y_{t(a)} + 1 + (x_a - 1)(n - 1) + (n - 3)x_a \quad \forall a \in A$$

$$(3 - x_{OD}) \leq y_D \leq 2 + (n - 2)(1 - x_{OD})$$

$$(3 - x_{Ok}) \leq y_k \leq 2 + (n - 3)(1 - x_{Ok}) \quad \forall k \in N - \{O, D\}$$

onde $y_k, k \in N$, denota um ordenamento ranqueado em que o nó k é visitado, $y_O \equiv 1$, e $n \equiv |N|$. Cada arco $a \equiv (t(a), h(a))$ identifica-se pelo seu nó posterior $t(a)$ e seu nó inicial $h(a) \forall a \in A$, $\bar{a}$ representa o arco oposto $(h(a), t(a))$, se este existe. Se não, $x_{\bar{a}} \equiv 0$. Também, x_{Ok} representa a variável x_a para $a \equiv (O, k), \forall k \in N - O$.

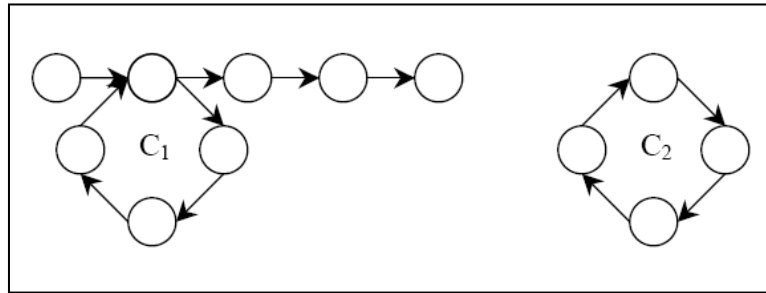


Figura 1: Exemplo de possíveis ciclos dentro da solução