

ASSOCIANDO REALIDADE VIRTUAL E O ALGORITMO DE BUSCA TABU PARA O PROBLEMA DE CARREGAMENTO DE VEÍCULOS

Ezequiel Roberto Zorzal¹, Luciano Ferreira Silva¹, Alexandre Cardoso¹, Claudio Kirner², Edgard Lamounier Júnior¹, Keiji Yamanaka¹

¹Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica - Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – CEP 38400-902 – Uberlândia – MG – Brasil

²Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação - Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP) - 13400-911 – Piracicaba – SP – Brasil

ezorzal@gmail.com, luciano@mat.ufu.br, alexandre@ufu.br, ckirner@unimep.br, {lamounier, keiji}@ufu.br

Resumo – Este artigo apresenta a criação de um protótipo que possui como objetivo auxiliar profissionais da área de logística. Para tanto, optou-se por focar no problema de carregamento de veículos e utilizar o algoritmo da Busca Tabu para encontrar a sua solução. Com intuito de facilitar a abstração e compreensão da situação problema e de seus resultados, foram utilizadas técnicas de visualização de dados apoiadas por Realidade Virtual.

Palavras-Chave – Busca Tabu, Visualização de dados e Realidade Virtual.

Abstract – This paper presents the creation of a prototype that have as objective to help professional of the logistics area. For this, opted by focus in the vehicles shipment problem and to use Tabu Search algorithm to find its solution. With intention of make easier the abstraction and understanding of the situation problem and their results, techniques of visualization of data supported for Virtual Reality had been used.

Keywords - Tabu Search, Data Visualization and Virtual Reality.

1. INTRODUÇÃO

O transporte de cargas representa um importante setor da economia mundial, sendo elemento de interação das atividades econômicas [1]. A sua participação se inicia no transporte de matérias primas das fontes extrativistas, até a distribuição do produto acabado às mãos do consumidor final [2]. Os usuários deste serviço buscam a satisfação das suas necessidades através dos atributos oferecidos pelas transportadoras, tais como tarifa, prazo de entrega, segurança, integridade, confiabilidade, informação, entre outros.

O mercado do transporte rodoviário de cargas no Brasil é consideravelmente concorrido. E como forma de minimizar o nível desta concorrência e aumentar seu *market share*, as empresas de transporte rodoviário de cargas buscam uma diferenciação dos seus serviços [2].

Deste modo, no ramo de transportadoras a qualidade na execução dos seus serviços e no atendimento ao cliente é fundamental. Sob este ponto de vista, é imprescindível que se tenha o controle sobre a posição da frota e o acompanhamento da carga de forma dinâmica e eficiente, como por exemplo, a empresa deve obter informações sobre

os veículos, como sua localização, tipo de volume da carga transportada, origem e destino do veículo, motorista, etc [3].

Para o planejamento de carregamento devem-se considerar variáveis como a capacidade de transporte do veículo e as características das cargas, tais como, peso, volume e benefício. Um bom planejamento de rota e carga aumenta a qualidade dos serviços e os lucros da empresa.

Matematicamente, realizar este planejamento equivale a resolver um problema de otimização combinatória e planejar o seu carregamento equivale resolver um problema conhecido como problema da mochila.

O problema da mochila possivelmente foi reportado pela primeira vez na literatura por Dantzig em 1957 [4]. Em resumo, um Problema da Mochila consiste na escolha de um subconjunto de itens, cada qual com uma correspondente utilidade e um valor, em geral denominado "peso", que define o quanto esse item utilizará da capacidade da "mochila". Metaforicamente podemos entendê-lo como o desafio de encher uma mochila sem ultrapassar um determinado limite de peso, otimizando o valor do produto carregado.

Existem diversas estratégias de solução para o problema da mochila, como a aplicação de heurísticas para a busca de soluções e metaheurísticas para a otimização destas soluções. Este trabalho propõe-se a resolver o problema de carregamento de veículos, que equivale a ao problema da mochila, por meio a heurística da Busca Local e da metaheurística Busca Tabu.

Para facilitar a compreensão e maximizar a abstração da situação problema e dos seus resultados, foram aplicadas técnicas de visualização de dados apoiadas por Realidade Virtual.

2. BUSCA TABU

A metaheurística Busca Tabu é um procedimento adaptativo, originado com os trabalhos de [5], [6] e [7]. Esta técnica utiliza uma estrutura de memória para guiar um método de descida a continuar a exploração do espaço de soluções mesmo na ausência de movimentos de melhora, evitando que haja a formação de ciclos, isto é, retorno a um ótimo local previamente visitado.

Esta metaheurística fornece meios de explorar o espaço de soluções além dos pontos em que a heurística que ela está guiando, por exemplo, um procedimento de busca local, encontraria ótimos locais. O processo no qual a Busca Tabu busca transcender a otimalidade local se baseia em uma

função de avaliação, que escolhe, a cada iteração, o movimento com maior valor de avaliação na vizinhança da solução corrente, em termos de valor de função objetivo e restrições tabu. Uma lista tabu é introduzida, no sentido de guardar características dos movimentos realizados, para evitar possíveis retornos a soluções já visitadas. Assim a busca é restringida por uma estratégia de proibição, cuja função é controlar e atualizar a lista tabu, com o objetivo de evitar que seqüências de soluções sejam repetidas, até um número pré-determinado de iterações, e com isto induzir a exploração de novas regiões [8].

A palavra “Tabu” da expressão “Busca Tabu” não se refere a qualquer tipo de consideração de natureza sobrenatural ou moral. Ela refere-se às restrições colocadas para guiar o processo de busca. Estas restrições operam em vários aspectos, como, por exemplo, excluir alternativas de busca classificadas como “proibidas”, transladar avaliações modificadas, avaliar probabilidades de seleção. Restrições são impostas ou criadas pela referência a estruturas de memória, que são desenvolvidas para este propósito específico.

A Busca Tabu é baseada na premissa de que a resolução de um problema deve incorporar uma memória adaptativa e uma exploração responsiva, ou seja, para a busca encontrar o seu objetivo, ela deve “lembrar-se” seletivamente de elementos-chave que foram processados até o momento, este é o papel da memória adaptativa, e deve ser hábil a fazer escolhas estratégicas ao longo do processamento, este é o papel da exploração responsiva, que responde às informações-chave que foram selecionadas até a etapa atual de processamento. O uso da memória adaptativa permite a implementação de procedimentos que são capazes de pesquisar uma grande porção do espaço de solução, por meio de um espaço de memória mínimo.

A exploração responsiva possui a seguinte conjuntura: uma má escolha estratégica pode fornecer mais informação do que uma boa escolha aleatória. Com o uso da memória, uma má escolha estratégica em um ponto particular da busca pode se transformar em uma boa decisão em um momento posterior no processo. Embora a exploração responsiva possa ser vista como uma forma de aprendizado, ela fundamentalmente baseia-se em processos de integração de princípios de buscas inteligentes, explorando características de boas soluções enquanto explora novas regiões promissoras.

3. VISUALIZAÇÃO DE DADOS

Visualização de Informações é uma área emergente de pesquisa, que estuda formas de transformar dados abstratos em imagens reais ou mentalmente visíveis, de forma a facilitar o seu entendimento e/ou ajudar na descoberta de novas informações contidas nestes dados [9]. O objetivo final deste processo é auxiliar no entendimento de um assunto, o qual, sem uma visualização, seria mais difícil de ser compreendido.

Nesse contexto, a área de Visualização de Informações se apresenta como um campo de estudo de grande utilidade, uma vez que utiliza técnicas que facilitam o entendimento de informações a partir de representações visuais de dados.

As representações podem ser distribuídas em três classes: unidimensional, bidimensional ou tridimensional, que são definidas de acordo com a dimensão do espaço onde os elementos geométricos utilizados estejam situados [10].

As aplicações que utilizam o espaço tridimensional podem causar um impacto visual e despertar o interesse em diversos tipos de usuários, não somente pela maneira que os dados são representados na interface gráfica, mas também pelas novas formas de interação.

A visualização tridimensional de informações pode ser realizada utilizando ambientes de Realidade Virtual, a qual pode facilitar a análise e a compreensão dos dados, já que os mesmos podem ser dispostos de maneira intuitiva e interativa.

4. ARQUITETURA DO SISTEMA

O sistema proposto possui uma interface ergonômica, que possibilita aos usuários, sem a necessidade de treinamento, cadastrar produtos (inserir seu nome, benefício e peso de objetos da carga), alterar a capacidade de carga do veículo. Permite ainda alterar parâmetros específicos do algoritmo da Busca Tabu, como por exemplo, o número máximo de iterações que o sistema executará.

A interface retorna ao usuário uma lista com os objetos cadastrados, e por meio da Busca Tabu é marcado um conjunto destes objetos que não exceda a capacidade do veículo e maximize o benefício da carga. Outro componente da interface é um gráfico que apresenta como dados de saída o peso e o benefício da carga, encontrados pelo algoritmo a cada iteração do sistema.

O sistema gera ainda ambientes em Realidade Virtual, que objetivam aplicar técnicas de visualização de dados aos resultados do algoritmo. Um destes ambientes apresenta um caminhão com uma determinada quantidade de blocos de cores diferentes. As cores dos blocos identificam o seu benefício e a sua quantidade o peso. Esta estratégia de representação foi adotada para facilitar a abstração e aproximar os resultados do sistema com a situação problema real do usuário. Existem, também, outras duas formas de representações dos dados, por meio de um gráfico de linhas e um gráfico de barra, ambos construídos no ambiente virtual. Estes gráficos foram desenvolvidos desta forma com o intuito de avaliar se esta estratégia pode facilitar a compreensão e abstração dos dados pelo usuário. A Fig. 1 apresenta um diagrama básico da arquitetura do sistema proposto.

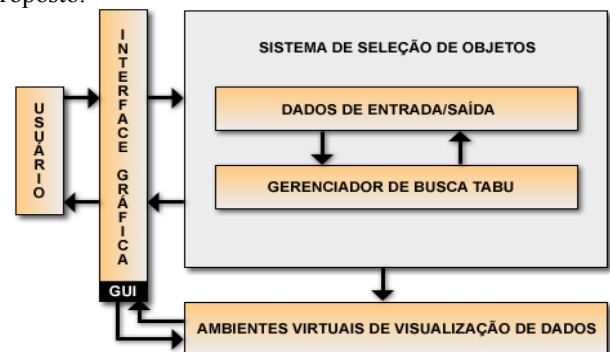


Fig. 1. Arquitetura do sistema.

5. DETALHES DE IMPLEMENTAÇÃO

O software foi desenvolvido utilizando a linguagem C++, por meio do editor Borland C++ Builder 6.0. Ele utiliza como base de seu funcionamento o algoritmo de Busca Tabu responsável por devolver os valores satisfatórios da resolução do problema de carregamento de veículos.

Primeiramente, foi desenvolvida uma janela para inserção de objetos que irão fazer parte do espaço de análise da busca. Essa janela permite ao usuário inserir um determinado objeto, declarando o seu nome e os seus respectivos valores de peso e benefício, conforme apresentado na Fig. 2 (a).

Após clicar no botão inserir o sistema armazena os objetos em uma lista, os quais poderão ser utilizados em uma busca futura. Esta lista é utilizada pelo sistema para análise dos dados e poderá ser facilmente excluída clicando no botão “Limpar Lista” contido na interface gráfica. Caso a lista seja apagada, o usuário deverá cadastrar novos objetos, ao sistema, antes de efetuar nova busca.

Para permitir a configuração de parâmetros da busca, foi implementada uma janela que permite alterar os valores da capacidade de peso do caminhão e o número máximo de iterações da busca. A Fig. 2 (b) apresenta a janela que possibilita essas configurações.

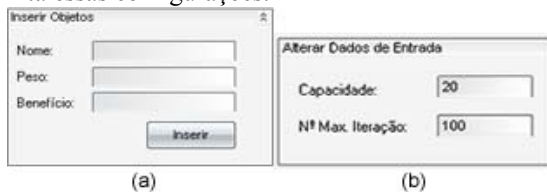


Fig. 2. Dados de entrada.

Após a inserção dos objetos e a configuração dos dados de entrada, o usuário pode realizar o processo da busca acionando o botão “Calcular” contido no ambiente do software.

Esta ação irá resultar no processo de busca e a geração dos dados de saída, tais como, o número de soluções analisadas, o número de soluções possíveis, o peso dos objetos, o benefício, a inviabilidade da solução obtida e os objetos selecionados para compor a carga. A Fig. 3 ilustra este processo.

Dados de Saída		Objeto:	P:	B:
Custo dos Objetos:	17	<input checked="" type="checkbox"/> cafe	2	2
Função Objetivo:	26	<input checked="" type="checkbox"/> arroz	3	5
Nº Soluções Analisadas:	26	<input type="checkbox"/> feijao	5	3
Benefício:	37	<input type="checkbox"/> alface	4	4
Peso dos Objetos:	20	<input checked="" type="checkbox"/> pepino	1	5
Nº Soluções Possíveis:	16384	<input checked="" type="checkbox"/> tomate	2	6
Inviabilidade:	0	<input type="checkbox"/> beterraba	6	1
		<input type="checkbox"/> chuchu	5	2
		<input checked="" type="checkbox"/> cenoura	2	5
		<input checked="" type="checkbox"/> agriao	3	4
		<input type="checkbox"/> cebola	4	3
		<input checked="" type="checkbox"/> Batata	2	4
		<input type="checkbox"/> milho	3	4
		<input checked="" type="checkbox"/> Abacate	5	6

Fig. 3. Dados de saída.

Nesta ação ainda é apresentado o gráfico correspondente às iterações do algoritmo e calculado os valores para a geração dos arquivos em VRML, que possibilitam a geração de modelos para visualização dos resultados. A Fig. 4 elucida um exemplo de representação dos resultados em um ambiente virtual.

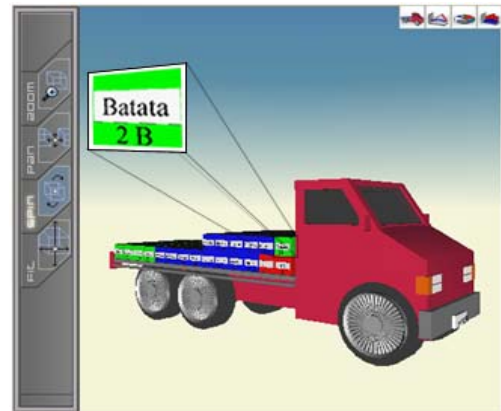


Fig. 4. Modelo de visualização de dados.

A Fig. 5 demonstra um exemplo do modelo para visualização do peso e benefício do produto. Neste caso, o produto visualizado foi o arroz que contém o valor 2 para o peso e o valor 5 para o benefício. A quantidade de caixinhas representa o peso da carga e o valor fracionado, impresso no rótulo da caixinha, ilustra o benefício por unidade de peso. É possível visualizar também, através dos tons das cores adicionadas às caixinhas, o grau de benefício, sendo que quanto mais escuro for o tom da cor maior é seu benefício.



Fig. 5. Representação do peso e benefício do produto.

A Fig. 6 apresenta a interface gráfica completa da aplicação.

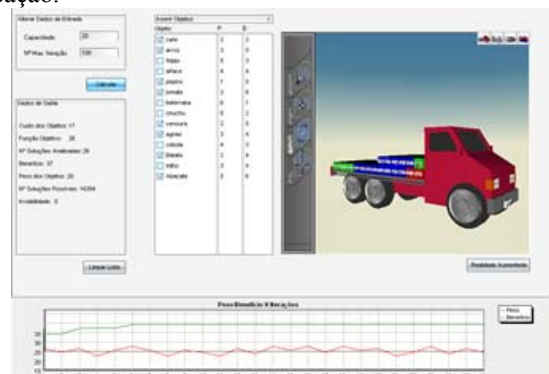


Fig. 6. Interface do sistema.

6. AVALIAÇÃO DO SISTEMA

Com intuito de verificar alguns pontos relativos à facilidade do usuário em abstrair e compreender a situação problema proposta no sistema realizou-se uma avaliação junto a usuários potenciais. Na Fig. 7 pode-se observar que

todos os usuários avaliados utilizam o computador com frequência. A pesquisa englobou 28 alunos de diversas áreas de pesquisa e diferentes graus de instrução.

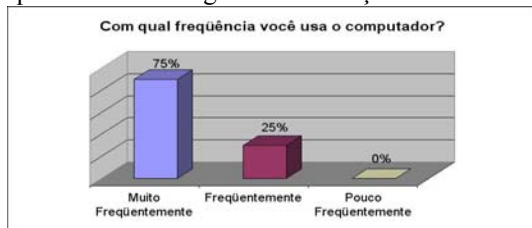


Fig. 7. Gráfico: Frequência de uso do computador.

Esta avaliação enfatizou as estratégias criadas para representar graficamente os resultados advindos da situação problema proposta. Observou-se, Fig. 8, que a maioria dos usuários considerou útil o modelo de visualização do sistema para a compreensão da situação problema.



Fig. 8. Gráfico: Utilidade da visualização para compreensão.

Outro fator avaliado foi o uso de Realidade Virtual na representação dos dados. A grande maioria dos usuários compreendeu os dados representados por meio da Realidade Virtual, e avaliou que esta estratégia contribuiu para o seu entendimento da situação problema, Fig. 9.

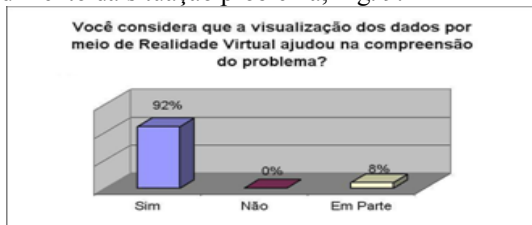


Fig. 9. Gráfico: Contribuição da Realidade Virtual para compreensão do problema.

Verificou-se também que os usuários conseguiram analisar os gráficos dos ambientes tridimensionais de maneira fácil ou parcialmente fácil, Fig. 10. No entanto, não se sabe o quanto a Realidade Virtual influenciou neste fator.

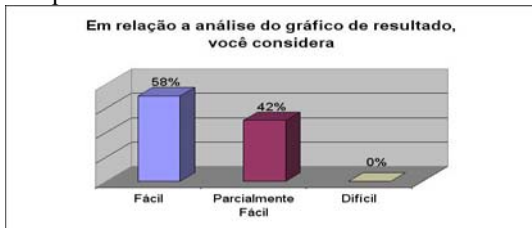


Fig. 10. Gráfico: Avaliação dos gráficos tridimensionais.

Com base nesta avaliação e análises detalhadas do sistema, a seção abaixo apresenta conclusões e sugestões de trabalhos futuros.

7. CONCLUSÃO E TRABALHO FUTUROS

Após analisar e avaliar o sistema foi possível concluir que o algoritmo da Busca Tabu contribuiu satisfatoriamente para a solução da situação problema proposta, o carregamento de veículos. No entanto, percebeu-se que dependendo da solução inicial aleatoriamente gerada pelo sistema, a Busca Tabu pode encontrar soluções finais inviáveis, ou seja, pode-se inferir que a solução inicial interfere significativamente na solução encontrada pelo sistema.

A avaliação do sistema possibilitou verificar que a visualização de dados, por meio de Realidade Virtual, contribuiu para a abstração e compreensão do problema de carregamento de veículo e dos resultados deste problema, gerados pela Busca Tabu. No entanto, não foi possível perceber qual a contribuição da visualização dos gráficos do sistema no ambiente virtual.

Como trabalho futuro propõe-se o desenvolvimento de novas implementações, que permitam resolver outros problemas de logística, por exemplo, aplicar algum algoritmo de busca que resolva o clássico problema do caixeiro viajante, com objetivo de encontrar as melhores rotas para os veículos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Schluter, G.H. *Gestão de Empresa de Transporte Rodoviário de Bens - Organização, Sistema Informativo e Análise de Investimento*. 1.ed., Porto Alegre: Heka, 1984. 343p.
- [2] Senna, L. A. D.S. As decisões de aquisição de serviços de transportes do pequeno varejista. In: XIII ANPET - Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes, 1999, São Carlos, 1999.
- [3] MPS Informática, disponível em: <<http://www.mpsinf.com.br/solucoes/gestao-trans.asp>>. Acesso em 04 de out. de 2006.
- [4] B. Dantzig. *Discrete Variable Extremum Problems*. In *Operations Research*, volume 5, pages 266-277, 1957.
- [5] Hansen, P. The steepest ascent mildest descent heuristic for combinatorial programming. In: *Congress on Numerical Methods in Combinatorial Optimization*, Capri, Italy, 1986. p. 70-145.
- [6] Glover, F. (1989) "Tabu Search — Part I," *ORSA Journal on Computing*, Vol. 1, No. 3, pp. 190-206. First comprehensive description of tabu search.
- [7] Glover, F. (1990) "Tabu Search — Part II," *ORSA Journal on Computing*, Vol. 2, No. 1, pp. 4-32.
- [8] F. Glover e M. Laguna. *Tabu Search*. Kluwer Academic Publishers – USA, 1997.
- [9] Do Nascimento, H. A. D.; Ferreira, C. B. R. *Visualização de Informações – Uma Abordagem Prática*. XXV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, XXIV JAI. UNISINOS, São Leopoldo – RS, 2005.
- [10] Freitas, C. M. D. S.; Chubachi, O. M.; Luzzardi, P. R. G.; Cava, R. A. *Introdução à Visualização de Informações*. *Revista de Informática Teórica e Aplicada*, 8(2): 143-158, 2001.