

## OTIMIZAÇÃO DA OPÇÃO DE COMPRA DO BLOCO CERÂMICO DE VEDAÇÃO UTILIZANDO UM MODELO DE TRANSPORTE

### *Alan Nogueira Siqueira*

Graduando em Engenharia de Produção/ISECENSA  
alannosi@gmail.com

### *Alberto Jesus dos Santos*

Graduando em Engenharia de Produção/ISECENSA  
alberto\_alemao@hotmail.com

### *Leandro Peixoto de Lacerda*

Graduando em Engenharia de Produção/ISECENSA  
leplacerda@hotmail.com

### *Nilo Américo Fonseca de Melo*

Doutor em Ciências de Engenharia/ISECENSA  
melonilo@gmail.com

### RESUMO

Os preços de venda do bloco cerâmico de vedação e os custos relacionados ao transporte são fatores fundamentais, pois irão determinar se uma indústria de cerâmica vermelha estará tendo lucro ou prejuízo. Atualmente, o custo com transporte no Brasil é muito elevado, devido às diversas rotas de entrega, a deficiente malha rodoviária do país e a sua estrutura de transporte. O objetivo do artigo foi desenvolver um modelo matemático a partir de levantamento de dados em cerâmicas vermelhas de Campos dos Goytacazes (RJ), Itaboraí (RJ) e Cesário Lange (SP) para minimizar os custos na compra e transporte dos blocos cerâmicos de vedação com destino às obras localizadas no Rio de Janeiro, São Paulo, Juiz de Fora (MG) e Vitória (ES), sendo administrado por uma construtora fictícia. Para desenvolver este modelo, foi feita uma pesquisa descritiva na Cerâmica A em Campos dos Goytacazes (RJ), Cerâmica B em Itaboraí (RJ) e Cerâmica C em Cesário Lange (SP). Este estudo aconteceu por meio de visitas periódicas feitas entre dezembro/2008 e março/2009 na cerâmica A, na Universidade Estadual do Norte Fluminense (UNF), no SEBRAE Campos e através de correio eletrônico com a Cerâmica B e Cerâmica C. Através de Programação Linear inteira com algoritmo simplex foi utilizado o recurso LINDO®, para resolução de um problema de transporte que deu suporte na operação logística. Foi proposto um método de otimização considerando o preço do frete para frota terceirizada e os custos fixos de transporte para as frotas próprias. A capacidade de transporte de ambos foi de 5.000 blocos cerâmicos de vedação e o consumo demandado correspondeu à etapa de construção, na qual foi entregue simultaneamente. Com os resultados obtidos, pode-se afirmar que foi possível desenvolver um modelo matemático de programação linear capaz de minimizar os custos de compra e transporte do bloco cerâmico de vedação. Foi constatado, que é viável manter uma frota própria para não comprometer os serviços de transporte e principalmente não gerar o custo de não atendimento do mercado, pois estes custos são imensuráveis em um mercado tão competitivo como o da cerâmica.

**Palavras-chave:** Transporte, cerâmica, programação linear.

### ABSTRACT

The sales prices of the block of ceramic seal and costs related to transport are key factors, it will determine whether a red ceramic industry is taking profit or loss. Currently, the cost of transportation in Brazil is very high due to the different routes of delivery, the poor road network in the country and the structure of transport. The aim of the paper was to develop a mathematical model from survey data in the red ceramic in

Campos dos Goytacazes (RJ), Itaboraí (RJ) and Cesário Lange (SP) to minimize costs in the purchase and transportation of the blocks with ceramic sealing destination works located in Rio de Janeiro, São Paulo, Juiz de Fora (MG) and Vitória (ES), and administered by a fictional construction. To develop this model, was a descriptive study in Ceramic A in Campos dos Goytacazes (RJ), Ceramic B in Itaboraí (RJ) and Ceramic C in Cesario Lange (SP). The study was through periodic visits made between december/2008 and march/2009 in Ceramic A, in Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), in SEBRAE Campos and through email with the Ceramic B and Ceramic C. Using integer linear programming with simplex algorithm was used LINDO ® resource for solving a problem of transport that has supported the logistics operation. It was proposed a method of optimization considering the price of freight for outsourced fleet and the fixed costs of transport to the fleets themselves. The transport capacity of both ceramic blocks was 5000 and the consumption of seal defendant corresponded to stage of construction, which was delivered simultaneously. With the results, one can say that it was possible to develop a mathematical model of linear programming can minimize the cost of purchase and transport of the ceramic block sealing. It was found that it is feasible to maintain a fleet itself not to undertake the transport services and primarily not generate the cost of not attending the market since they are immeasurable costs in a market as competitive as that of ceramics.

**Keywords:** Transport, ceramic, linear programming.

## INTRODUÇÃO

Neste artigo um problema de transporte foi apresentado, considerando frota própria e terceirizada, para determinação da melhor opção de compra do bloco cerâmico de vedação, a partir de três fontes produtoras: Campos dos Goytacazes (RJ), Itaboraí (RJ) e Cesário Lange (SP) e várias obras de edificação localizadas em Vitória (ES), Juiz de Fora (MG), São Paulo e Rio de Janeiro.

Segundo Ciparronne (1999), a gestão da cadeia de suprimentos e logística aliada a ferramentas da pesquisa operacional tem trazido resultados satisfatórios e de sucesso para as empresas.

A logística segundo Vieira (2006), encontra vasto campo de utilização na construção civil. Dentre os diversos insumos necessários a essa atividade, os blocos cerâmicos de vedação possuem considerável importância por sua popularidade de utilização na execução de alvenarias, etapa chave à liberação de frentes produtivas nas obras.

As cerâmicas caracterizam-se pela cor vermelha de seus produtos, que são tijolos, blocos, telhas, tubos, lajes para forro, lajotas, vasos ornamentais, agregados leve de argila expandida e outros. Esse setor busca se reestruturar, com o objetivo de tornar-se competitivo no mercado.

O Município de Campos dos Goytacazes destaca-se no cenário nacional pelas suas atividades sucroalcooleira, a petrolífera e a cerâmica. O setor cerâmico tem como marco de suas atividades, o período pós-colonização, destacando-se a primeira olaria, datada de 1692. Iniciava-se um processo socioeconômico organizado culminando na época atual, com cerca de 100 indústrias, com uma produção estimada em aproximadamente 90 milhões de peças por mês. Credenciando a atividade, como uma das mais importantes em geração de emprego e renda para o Município ALEXANDRE. J (2000).

A demanda ascendente do consumo dos produtos da cerâmica vermelha, a vasta disponibilidade de matérias prima, as facilidades de extração e transporte, justificam investimentos para estabelecer em Campos Goytacazes-RJ um grande segmento cerâmico do Estado do Rio de Janeiro. ALEXANDRE. J (2000).

O Pólo Ceramista de Campos é um dos maiores produtores de tijolos do Brasil, a produção é basicamente vendida para os mercados do Grande Rio, Sul Fluminense, Zona da Mata Mineira e Espírito Santos. ALEXANDRE. J (1997).

Uma das principais características dos atuais mercados compradores é a exigência de produtos com qualidade, segurança e preço baixo. Esse ambiente pode ser explicado, em parte, pela globalização dos mercados, que oferta aos consumidores produtos e serviços de diversas origens e a preços cada vez menores.

Para que uma indústria se destaque no mercado ela deve ter uma boa estratégia competitiva, estar sempre inovando seu produto e buscando reduzir os custos relacionados a eles.

Segundo Lourenço (2003) em média o custo de transporte representa 34% do custo total dos produtos brasileiros em todos os setores da economia, enquanto em países desenvolvidos como os EUA, e alguns países da Europa este fator representa 18% do custo total dos produtos.

As indústrias de cerâmica vermelha são em sua maioria, constituídas por micro e pequenas empresas com um sistema organizacional familiar. Essas empresas possuem uma infra-estrutura antiga, cuja produção é baseada apenas na experiência, sem caráter científico, existindo uma carência muito grande de mão-de-obra treinada e de soluções tecnológicas voltadas à competitividade.

Segundo a Associação Brasileira de Cerâmica Vermelha (2008), o Brasil dispõe de importantes jazidas de minerais industriais de uso cerâmico, com sua produção concentrada principalmente nas regiões sudeste e sul, onde estão localizados os maiores pólos cerâmicos do país. No entanto, outras regiões têm apresentado certo desenvolvimento dessa indústria, em especial o nordeste, em razão da instalação de diversas fábricas e do significativo crescimento do setor de turismo, que tem levado à construção de inúmeros hotéis, aumentando a demanda de materiais cerâmicos, principalmente dos segmentos ligados à construção civil.

Segundo Câmara Brasileira da Indústria da Construção, a CBIC (2007), o setor apresentou um crescimento de 6,5% em 2007, resultado dos ajustes macroeconômicos, do PAC (programa de aceleração do crescimento), do aumento do crédito imobiliário e de investimentos relacionados à preparação da copa do mundo de 2014, entre outros fatores que poderão impulsionar a economia nacional neste setor.

Para serem competitivas as construtoras buscam produtos com menor preço, aliada qualidade. Entretanto, alguns empresários do setor ceramista não se preocupam em estruturar suas fábricas, investir em tecnologia e na melhoria do processo produtivo, a fim de atender padrões de qualidade e aumentar a produtividade.

O que nos motivou a fazer este trabalho, foi à importância do preço de compra e de transporte do bloco cerâmico de vedação para as construtoras, afinal o lucro que se tem quando se escolhe a melhor opção de compra é algo relevante no mercado, sendo fundamental na decisão do cliente. Além disso, serve como reflexão para a cerâmica vermelha na mudança de paradigma em relação aos seus produtos e serviços, considerando o custo de venda e transporte.

O objetivo do trabalho foi realizar um estudo de caso aplicando os conceitos de pesquisa operacional no processo de tomada de decisão na compra de matéria prima para construção civil, utilizando um modelo matemático de transporte para minimizar os custos na compra e transporte dos blocos cerâmicos de vedação partindo de três centros produtores: Campos dos Goytacazes (RJ), Itaboraí (RJ) e Cesário Lange (SP) até as obras que estão localizadas no Rio de Janeiro, São Paulo, Juiz de Fora (MG) e Vitória (ES) sendo administrado por uma construtora.

O objetivo específico foi realizar um levantamento de dados nas cerâmicas vermelhas de Cesário Lange (SP), Campos dos Goytacazes (RJ) e Itaboraí (RJ). Após a coleta desses dados, foi feita uma modelagem de um problema de transporte e uma proposta para uma construtora fictícia da melhor opção de compra do bloco cerâmico de vedação de acordo com a solução ótima do problema.

Além disto, a expectativa é que o artigo se constitua em uma ferramenta gerencial verdadeiramente útil e prática, pronta para ser aplicada em qualquer construtora.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Um modelo matemático capaz de otimizar o programa de distribuição de blocos cerâmicos dos três centros produtores até os estados da região sudeste do Brasil pode ser encarado como um problema de transporte, uma vez que se deve determinar a distribuição ótima para o atendimento dos centros consumidores em suas etapas de construção.

Segundo Lachtermacher (2004), o problema de transporte básico é aquele em que queremos determinar, dentre as diversas maneiras de distribuição de um produto, a que resultará no menor custo de transporte entre as fábricas e os centros de distribuição.

Para desenvolver este modelo foi feita uma pesquisa descritiva com abordagem quantitativa na

Cerâmica A em Campos dos Goytacazes (RJ), Cerâmica B em Itaboraí (RJ) e Cerâmica C em Cesário Lange

(SP). Este estudo aconteceu por meio de visitas periódicas feitas em dezembro de 2008 até março de 2009 na cerâmica A em Campos dos Goytacazes, na Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) e no SEBRAE Campos.

Nas cerâmicas em estudo o tipo do bloco analisado foi o bloco cerâmico de vedação 9x19x29.

Durante o período de janeiro de 2009, com o apoio do SEBRAE Campos e através do correio eletrônico para Cerâmica B localizada em Itaboraí (RJ) e Cerâmica C localizada em Cesário Lange (SP) foram levantadas as seguintes informações: capacidade máxima de produção total do bloco cerâmico de vedação em unidades, peso unitário, capacidade de transporte dos caminhões próprios e terceirizados, tipo de caminhão utilizado, custos relacionados com transporte e o preço de venda do milheiro.

Na Cerâmica A, localizada em Campos dos Goytacazes, foram levantadas informações como: custo dos fretes cobrados pelas frotas terceirizadas, capacidade máxima de produção total do bloco cerâmico de vedação em unidades, peso unitário, capacidade de frota de caminhões terceirizados, tipo de caminhão e o preço de venda do milheiro.

O frete é calculado pelo peso, para atender a legislação de trânsito brasileira, com isso a capacidade de transporte do caminhão 3 eixos que foi considerada no estudo é de 5.000 unidades de blocos de vedação 9x19x29.

Segundo Neto (2009), o controle do peso do veículo por meio da pesagem nas rodovias, ou por iniciativa de seu proprietário, é necessário por vários motivos: diminuir o desgaste do pavimento, evitar acidentes, evitar o desgaste prematuro do veículo e manter os gastos operacionais do caminhão dentro da normalidade.

Para a modelagem matemática foram levantadas as seguintes informações: custo do frete por unidade, os custos envolvidos exclusivamente com o transporte por entrega executada, ou seja, salários e encargos dos motoristas e ajudantes, despesas com combustível incluindo o preço de venda, despesas com manutenção, capacidade máxima de produção total do bloco cerâmico de vedação em unidades mês, a capacidade de transporte nos caminhões próprios e terceirizados e a demanda de obras de edificação administrada pela construtora fictícia.

Através de Programação Linear inteira com algoritmo simplex será utilizado o recurso LINDO®, para resolução de um problema de transporte que dará suporte na operação logística.

O problema de transporte em questão pode ser aplicado a qualquer tipo de produto, não somente ao tipo de bloco cerâmico em estudo.

A seguir foram calculadas as despesas com combustível dos pontos de origem até os pontos de destinos utilizando um sistema de rotas rodoviário que se encontra no endereço eletrônico [www.apontador.com.br/maps](http://www.apontador.com.br/maps).

O sistema de rotas considera que a média do consumo de combustível dos caminhões é de 10 km/litro tanto na ida quanto na volta independentemente do caminhão estar cheio ou vazio e o preço do óleo diesel é de R\$ 1,90. Foi utilizada a seguinte fórmula para o cálculo da despesa com o combustível:

$$\text{Despesa}_{\text{combustível}} = \frac{\text{Distância}}{C_{\text{médio}}} \times \text{preço}_{\text{óleo}}$$

Onde:

- Distância: é o caminho percorrido do caminhão na ida e na volta.
- $C_{\text{médio}}$ : é o consumo médio de combustível.

Na figura 2 foi apresentado um traçado de rota rodoviária de Campos dos Goytacazes até a Grande São Paulo, considerando o veículo sendo caminhão com semi-reboque (3 eixos), onde foram encontradas as seguintes informações da rota: distância 1.494,31 km e o tempo estimado de ida e volta é de 18h:40min:44s.



Figura2: Rota traçada de Campos dos Goytacazes até a Grande São Paulo.  
 FONTE: www.apontador.com.br/maps

$$\text{Despesa}_{\text{combustível}} = \frac{1.494,31}{10} \times 1,9 = 283,92$$

A despesa com combustível de Campos dos Goytacazes até São Paulo é de R\$ 283,92.

Na figura 3 foi apresentado um traçado de rota rodoviária de Campos dos Goytacazes até Juiz de Fora, onde foram encontradas as seguintes informações da rota: 610,182 Km e o tempo estimado de ida e volta é de 7h:37min:42s

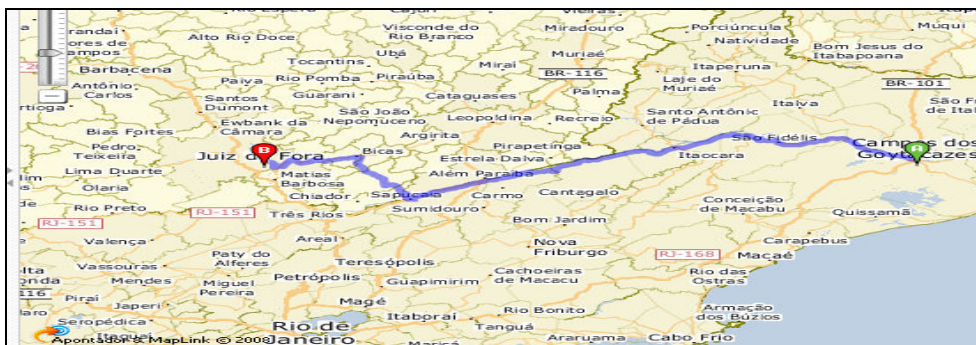


Figura 3: Rota traçada de Campos dos Goytacazes até Juiz de Fora MG.  
 FONTE: www.apontador.com.br/maps

$$\text{Despesa}_{\text{combustível}} = \frac{610,182}{10} \times 1,9 = 115,93$$

A despesa com combustível de Campos dos Goytacazes até Juiz de Fora é de R\$ 115,93.

Na figura 4 foi apresentado um traçado de rota rodoviário de Campos dos Goytacazes até o Rio de Janeiro, onde foram encontradas as seguintes informações da rota: 578,408 Km e o tempo estimado de ida e volta é de 7h:13min:52s

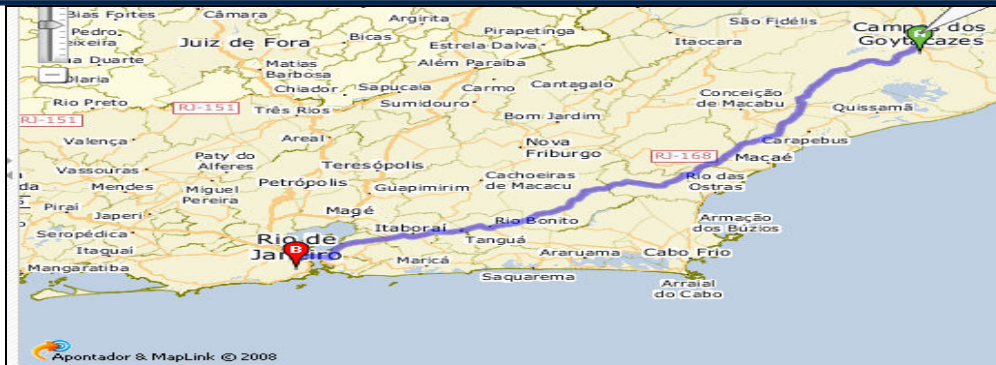


Figura 4: Rota traçada de Campos dos Goytacazes até o Rio de Janeiro.  
 FONTE: [www.apontador.com.br/maps](http://www.apontador.com.br/maps)

$$\text{Despesa}_{\text{combustível}} = \underline{578,408} \times 1,9 = 109,90$$

10

A despesa de combustível de Campos dos Goytacazes até o Rio de Janeiro é de R\$ 109,90.

Na figura 5 foi apresentado um traçado de rota rodoviária de Campos dos Goytacazes até Vitória (ES), onde foram encontradas as seguintes informações da rota: 489,976 Km e o tempo estimado de ida e volta é de 6h:07min:30s.

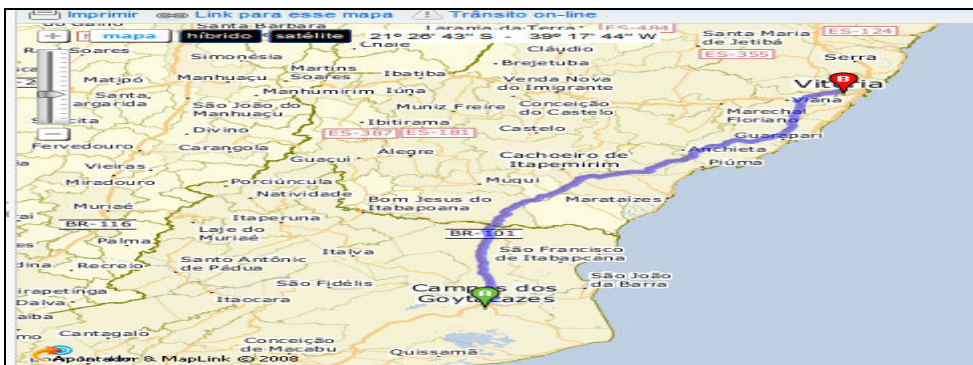


Figura 5: Rota traçada de Campos dos Goytacazes até Vitória-ES. FONTE: [www.apontador.com.br/maps](http://www.apontador.com.br/maps)

$$\text{Despesa}_{\text{combustível}} = \underline{489,976} \times 1,9 = 93,10$$

10

A despesa de combustível de Campos dos Goytacazes até Vitória (ES) é de R\$ 93,10.

Na figura 6 foi apresentado um traçado de rota rodoviária de Itaboraí até o Rio de Janeiro, onde foram encontradas as seguintes informações da rota: 99,102 Km e o tempo estimado de ida e volta é de 1h:14min:22s.

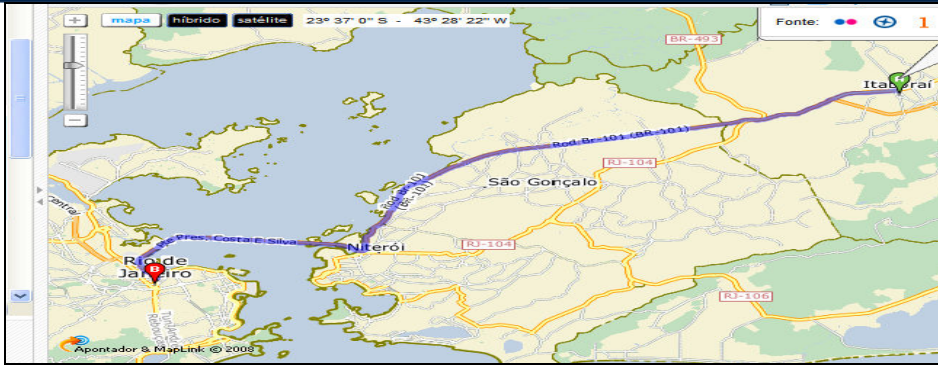


Figura 6: Rota traçada de Itaboraí até ao Rio de Janeiro. FONTE: [www.apontador.com.br/maps](http://www.apontador.com.br/maps)

$$\text{Despesa}_{\text{combustível}} = \underline{99,102} \times 1,9 = 18,83$$

10

A despesa de combustível de Itaboraí até o Rio de Janeiro é de R\$ 18,83.

Na figura 7 foi apresentado um traçado de rota rodoviária de Itaboraí até São Paulo, onde foram encontradas as seguintes informações da rota: 1.014,968 Km e o tempo estimado de ida e volta é de 12h:41min:16s.



Figura 7: Rota traçada de Itaboraí até São Paulo. FONTE: [www.apontador.com.br/maps](http://www.apontador.com.br/maps)

$$\text{Despesa}_{\text{combustível}} = \underline{1.014,968} \times 1,9 = 192,84$$

10

A despesa de combustível de Itaboraí até São Paulo é de R\$ 192,84.

Na figura abaixo foi apresentado um traçado de rota rodoviária de Itaboraí até Juíz de Fora, onde foram encontradas as seguintes informações da rota: 421,376 Km e o tempo estimado de ida e volta é de 5h:16min:2s.

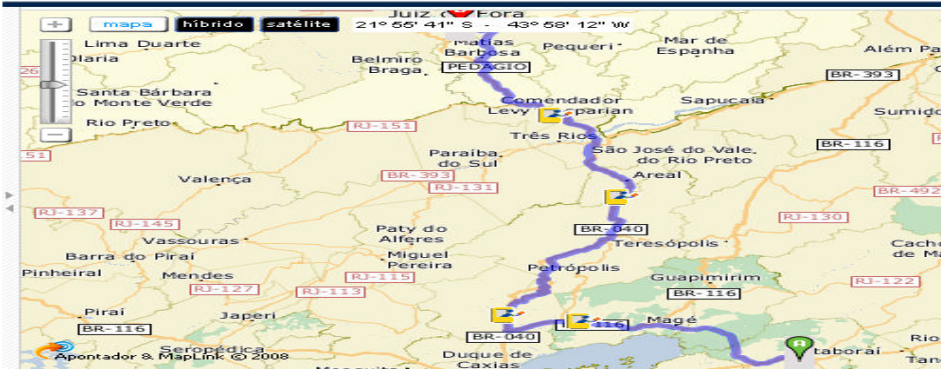


Figura 8: Rota traçada de Itaboraí até Juiz de Fora MG. FONTE: [www.apontador.com.br/maps](http://www.apontador.com.br/maps)

$$\text{Despesa}_{\text{combustível}} = \frac{421,376}{10} \times 1,9 = 80,06$$

A despesa de combustível de Itaboraí até Juiz de Fora é de R\$ 80,06.

Na figura abaixo foi apresentado um traçado de rota rodoviária de Itaboraí até Vitória, onde foram encontradas as seguintes informações da rota: 961,406 Km e o tempo estimado de ida e volta é de 12h:01min:04s.



Figura 9: Rota traçada de Itaboraí até Vitória ES. FONTE: [www.apontador.com.br/maps](http://www.apontador.com.br/maps)

$$\text{Despesa}_{\text{combustível}} = \frac{961,406}{10} \times 1,9 = 182,67$$

A despesa de combustível de Itaboraí até Vitória é de R\$ 182,67.

Na figura abaixo foi apresentado um traçado de rota rodoviária de Cesário Lange até Rio de Janeiro, onde foram encontradas as seguintes informações da rota: 1.239,836 e o tempo estimado de ida e volta é de 15h:29min:54s.





Figura 10: Rota traçada de Cesário Lange até Rio de Janeiro.

FONTE: [www.apontador.com.br/maps](http://www.apontador.com.br/maps)

$$\text{Despesa}_{\text{combustível}} = \frac{1.239,836}{10} \times 1,9 = 235,57$$

A despesa de combustível de Cesário Lange até o Rio de Janeiro é de R\$ 235,57.

Na figura abaixo foi apresentado um traçado de rota rodoviária de Cesário Lange até a Grande São Paulo, onde foram encontradas as seguintes informações da rota: 316,296 Km e o tempo estimado de ida e volta é de 3h:57min:14s.

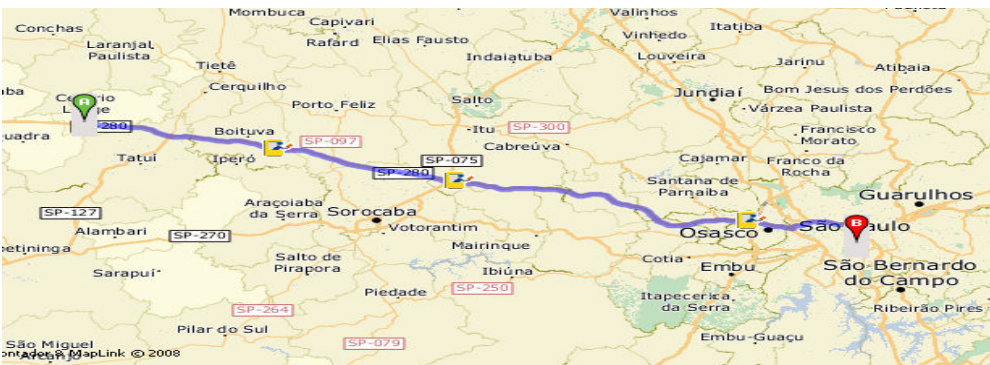


Figura 11: Rota traçada de Cesário Lange até a Grande São Paulo.

FONTE: [www.apontador.com.br/maps](http://www.apontador.com.br/maps)

$$\text{Despesa}_{\text{combustível}} = \frac{316,296}{10} \times 1,9 = 60,10$$

A despesa de combustível de Cesário Lange até a Grande São Paulo é de R\$ 60,10.

Na figura abaixo foi apresentado um traçado de rota rodoviária de Cesário Lange até Juíz de Fora, onde foram encontradas as seguintes informações da rota: 1.320,066 Km e o tempo estimado de ida e volta é de 16h:30min:6s.



Figura 12: Rota traçada de Cesário Lange até Juiz de Fora MG.

FONTE: [www.apontador.com.br/maps](http://www.apontador.com.br/maps)

$$\text{Despesa}_{\text{combustível}} = \frac{1.320,066}{10} \times 1,9 = 250,81$$

A despesa de combustível de Césario Lange até Juiz de Fora é de R\$ 250,81.

Na figura abaixo foi apresentado um traçado de rota rodoviária de Cesário Lange até Vitória, onde foram encontradas as seguintes informações da rota: 2.152,988 Km e o tempo estimado de ida e volta é de 26h:54min:46s.



Figura 13: Rota traçada de Cesário Lange até Vitória (ES).

FONTE: [www.apontador.com.br/maps](http://www.apontador.com.br/maps)

$$\text{Despesa}_{\text{combustível}} = \frac{2.152,988}{10} \times 1,9 = 409,07$$

A despesa de combustível de Césario Lange até Vitória é de R\$ 409,07.

No quadro abaixo será apresentado as despesas com combustível que foram calculados com base no sistema de rotas traçada entre os pontos de origem e os pontos de destinos.

Quadro 3: Despesas de combustível entre os pontos de origem e destino

Para	Rio de Janeiro	Juiz de Fora (MG)	São Paulo	Vitória (ES)
Campos	109,90	115,93	283,92	93,10
Itaboraí	18,83	80,06	192,84	182,67
Cesário	235,57	250,81	60,10	409,07

No estudo o tipo de caminhão utilizado pelas cerâmicas foi o truck 3 eixos, geralmente as entregas

são feitas à noite, é de suma importância que o caminhão do bloco cerâmico de vedação esteja no destino logo pela manhã para que não haja problemas com relação aos serviços de transporte podendo acarretar um impacto no custo do não atendimento no prazo, comprometendo assim o andamento do projeto de construção.



Figura 14: Caminhão truckado três eixos carregado.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para resolver o modelo de transporte, é proposto um método de otimização onde foi considerado o preço do frete para frota terceirizada e os custos fixos de transporte para as frotas próprias.

Para resolução do problema, foram considerados que no veículo próprio e terceirizado a capacidade de transporte é de 5.000 blocos cerâmicos de vedação e que o consumo demandado corresponde à etapa de construção, na qual foi entregue simultaneamente.

Portanto, a função-objetivo deste problema tem como objetivo minimizar o custo da compra incluindo o transporte do bloco de vedação.

$$\text{Min} \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{pij} \cdot X_{pij} + C_{tij} \cdot X_{tij}$$

Onde:

I = número de centro produtor

J = número de centro consumidor

m = número de origens

n = número de destino

$X_{pij}$  = quantidades que foram transportadas pelos veículos próprios do centro produtor i (origem) para os centros consumidores j (destino)

$X_{tij}$  = quantidades que foram transportadas pelos veículos terceirizados do centro produtor i (origem) para os centros consumidores j (destino)

$C_{tij}$  = custo total unitário do frete incluindo o preço de venda do bloco cerâmico de vedação 9x19x29.

$C_{pij}$  = custo total unitário com transporte incluindo o preço de venda do bloco cerâmico vedação 9x19x29.

- $Q_{p_{ij}}$  = capacidade de transporte do veículo próprio do centro produtor  $i$  até o centro consumidor  $j$   
 $Q_{t_i}$  = capacidade de transporte do veículo terceirizado do centro produtor  $i$  até o centro consumidor  $j$   
 $O_i$  = é a quantidade do bloco ofertada pelo produtor  $i$   
 $d_j$  = é a quantidade do bloco demandada pelo consumidor  $j$

Para este problema de minimização do custo da compra incluindo o transporte teremos as seguintes restrições:

$$(2) \quad \sum_{j=1}^n X_{p_{ij}} \leq Q_{p_{ij}} \quad (i=1 \dots m)$$

Esta restrição indica que o somatório das quantidades transportadas pelos veículos próprios deverá ser menor ou igual à capacidade de transporte da frota própria do centro produtor  $i$  até os centros consumidores  $j$ .

$$(3) \quad \sum_{j=1}^n X_{t_{ij}} \leq Q_{t_{ij}} \quad (i=1 \dots m)$$

Esta restrição indica que o somatório das quantidades transportadas pelos veículos terceirizados deverá ser menor ou igual à capacidade de transporte da frota terceirizada do centro produtor  $i$  até os centros consumidores  $j$ .

$$(4) \quad \sum_{i=1}^m X_{p_{ij}} + \sum_{i=1}^m X_{t_{ij}} = d_j \quad (j = 1 \dots n)$$

A restrição acima indica que a soma das quantidades transportadas pela frota própria e terceirizada deverá ser igual à demanda das obras.

$$(5) \quad \sum_{i=1}^m X_{p_{ij}} + \sum_{i=1}^m X_{t_{ij}} \leq O_i \quad (i=1 \dots m)$$

Esta restrição indica que a soma das quantidades transportada pela frota própria e terceirizada deverá ser menor ou igual à capacidade máxima ofertada.

$$(6) \quad X_{p_{ij}} \geq 0; \quad X_{t_{ij}} \geq 0 \quad (\text{para } i = 1, \dots, m) ; \quad (\text{para } j = 1, \dots, n)$$

A restrição acima serve para representar que as quantidades transportadas tanto nos veículos próprios como nos veículos terceirizados obrigatoriamente precisam ser maior ou igual à zero, ou seja, não existem quantidades negativas transportadas.

A seguir, será apresentado o problema de transporte proposto, sob a forma de um grafo. Os símbolos  $P_2$  e  $P_3$  respectivamente, Cerâmica B (origem 2) localizada em Itaboraí e Cerâmica C (origem 3) localizada em Cesário Lange SP e  $T_1$ ,  $T_2$  e  $T_3$  respectivamente representam às frotas terceirizadas da cerâmica A (origem 1) localizada em Campos dos Goytacazes, Cerâmica B (origem 2) localizada em Itaboraí e Cerâmica C (origem 3) localizada em Cesário Lange SP. São relacionados aos nós as quantidades ofertadas pelas frotas

próprias  $P_2$  e  $P_3$  e pelas frotas terceirizadas  $T_1$ ,  $T_2$  e  $T_3$  e a demanda pelo nó que representa a quantidade de produtos consumidos pelas obras nos estados do **RJ** (destino 1), **MG** (destino 2), **SP** (destino 3), **ES** (destino 4). Enquanto que os valores dos arcos  $P_2$  e  $P_3$  representam os custos na compra incluindo o transporte e os

valores dos arcos  $T_1$ ,  $T_2$  e  $T_3$ , representam os custos na compra incluindo o frete.

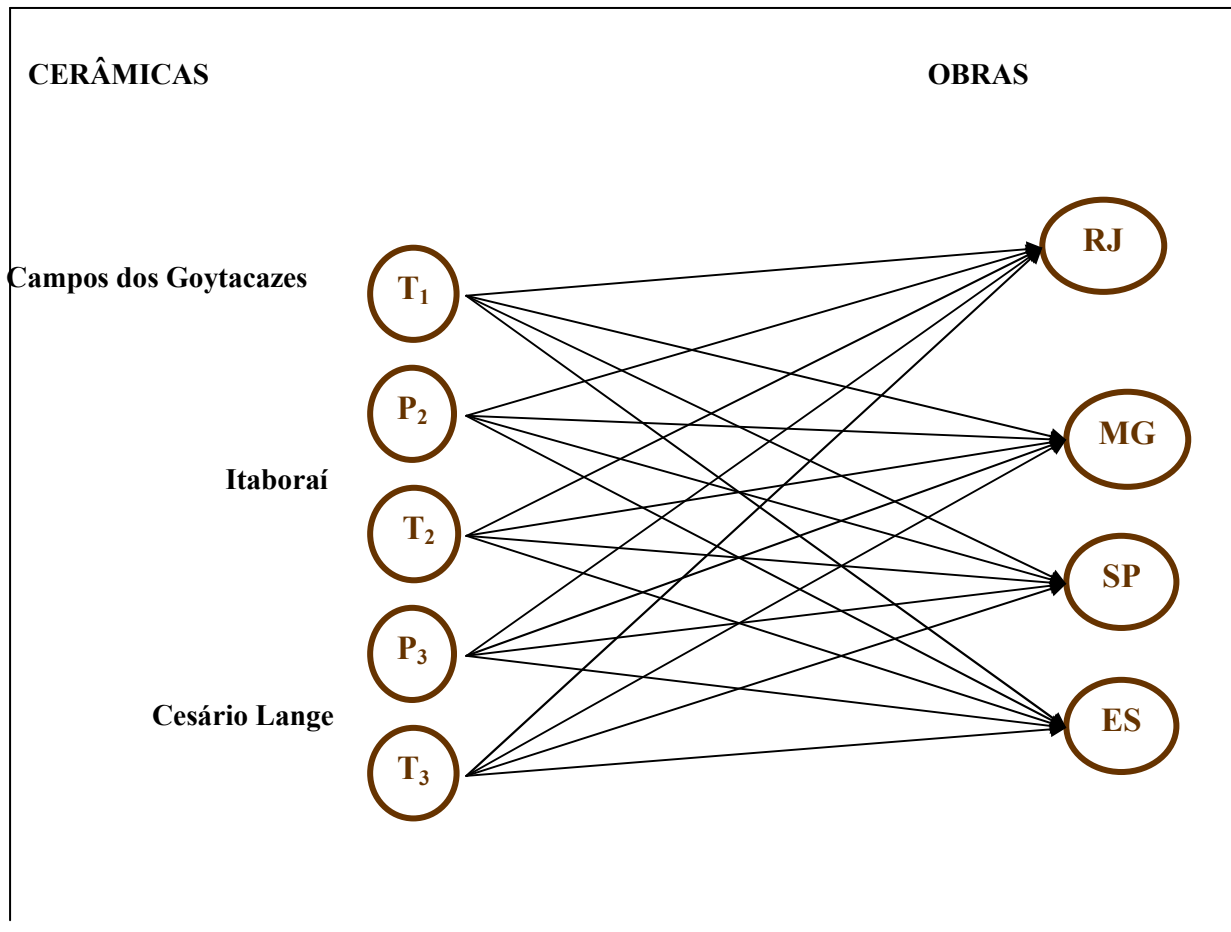


Figura 15: Problema de transporte representado no grafo

O quadro a seguir indica o número de obras que serão atendidos pelas cerâmicas em estudo, e o seu consumo total em cada centro consumidor.

Quadro 4: consumo total para entrega nos centros consumidores

<b>Destinos das Obras Para alvenaria de vedação</b>	<b>Número de Obras</b>	<b>Consumo Total do Bloco De vedação por unidade</b>
Rio de Janeiro	1	35.000
São Paulo	1	55.000
Vitória ES	1	55.000
Juiz de Fora MG	1	70.000
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>215.000</b>

No quadro abaixo são apresentadas informações para a modelagem do problema de transporte envolvendo as três cerâmicas em estudo, como, suas respectivas capacidades de produção total, média, em unidades e em tonelada mensal, assim como, seu peso e tipo de bloco.

Quadro 5: Informações obtidas pelas cerâmicas envolvidas no estudo

Cerâmica	Bloco de Vedação	Peso Unitário em KG	Produção Total em unid/mês
Cerâmica A	9x19x29	2,98	13.386.576
Cerâmica B	9x19x29	2,98	1.533.987
Cerâmica C	9x19x29	2,98	17.814.364
Total			32.734.867

No quadro abaixo, foi apresentado o tipo de veículo usado nas três cerâmicas, os números de veículos próprios e terceirizados que estão disponíveis simultaneamente nas cerâmicas e a capacidade das frotas próprias e terceirizadas, vale lembrar que a capacidade de transporte é de 5000 unidades como foi falado anteriormente.

As cerâmicas utilizam os veículos terceirizados quando a demanda não pode ser atendida pelos veículos próprios, por ultrapassar a capacidade da frota própria ou quando não se têm frota própria. No caso da cerâmica localizada em Campos (origem 1), esta não possui frota própria, contando somente com a frota terceirizada. As demais possuem frota própria, sendo que, podem contar também com frota terceirizada, conforme descrito no quadro a seguir.

Quadro 6: Dados da frota de caminhões próprios e terceirizados

Cerâmicas	Tipo de Caminhão	Número de Veículos Terceirizados	Capacidade das Frotas Terceirizadas	Número de Veículos Próprios	Capacidade das Frotas Próprias
Cerâmica A	Truck 3 eixos	8	40.000	-	-
Cerâmica B	Truck 3 eixos	12	60.000	6	30.000
Cerâmica C	Truck 3 eixos	13	65.000	5	25.000
<b>Total</b>		33	165.000	11	55.000

No quadro a seguir foram apresentados os valores dos custos fixos mensais com transporte, sendo que vale lembrar que não foi considerado nenhum custo fixo envolvendo a cerâmica A localizada em Campos (origem 1), pelo fato da cerâmica não possuir frota própria. Na cerâmica B em Itaboraí (origem 2) e na cerâmicas C em Cesário Lange (origem 3) foram incluídos os salários médio dos motoristas, do ajudante de descarga manual e manutenção do caminhão (troca de óleo, lavagem, lubrificação, desgaste da caixa de marcha, desgaste dos pneus, etc...

Quadro 7: Dados dos custos fixos nas cerâmicas

Origem	Custo Fixo
Cerâmica A	-
Cerâmica B	4.900,00
Cerâmica C	5.600,00

Para calcularmos o custo por km rodado temos que dividir o custo fixo pela quantidade de km rodado por mês. Sabemos que os caminhões da cerâmica B e da cerâmica C percorrem em média cada um 6000 km por mês.

$$C_{i \text{ km rodado}} = \frac{CF}{\text{km rodado}}$$

Onde:

- $C_i$  km rodado = é o custo por km rodado na origem i;
- CF = são os custos fixos mensais apresentados no quadro 7;
- km rodado = é a quantidade de km que o caminhão percorre por mês.

$$C_2 \text{ km rodado} = \frac{4.900}{6000} = 0,85$$

$$C_3 \text{ km rodado} = \frac{5.600}{6000} = 0,93$$

Portanto o custo por km rodado do caminhão da cerâmica B é de 0,85 e o da cerâmica C é de 0,93. Descoberto estes custos, foram calculados os custos de transporte unitário da origem até o destino e o preço unitário de venda, para encontrarmos os custos totais unitário dos blocos. Sabemos que a capacidade dos caminhões é de 5.000 blocos e o preço de venda do milheiro na cerâmica B é de R\$ 340,00 e na cerâmica C é de R\$ 600,00.

$$C_{ij} \text{ unitário} = \frac{CB + (C_{\text{km rodado}} \times \text{dist.})}{5.000}$$

$$Pv \text{ unitário} = \frac{\text{Custo do milheiro}}{1000}$$

$$Cp_{ij} = C_{ij} \text{ unitário} + Pv \text{ unitário}$$

Onde:

- $C_{ij}$  unitário = é o custo de transporte unitário da origem i ao destino j;
- CB = é o custo do combustível;
- Dist = é a distância de ida e volta da origem até o destino;
- $Pv_i$  unitário = é o preço unitário de venda da origem i;
- $Cp_{ij}$  = é o custo total unitário da frota própria da origem i ao destino j.

$$Pv_2 \text{ unitário} = \frac{340,00}{1.000,00} = 0,34$$

$$C_{21} \text{ unitário} = \frac{18,83 + (0,85 \times 99,102)}{5.000} = 0,02$$

$$C_{p21} = 0,02 + 0,34 = 0,36$$

$$C_{22} \text{ unitário} = \frac{80,06 + (0,85 \times 421,376)}{5.000} = 0,09$$

$$C_{p22} = 0,09 + 0,34 = 0,43$$

$$C_{23} \text{ unitário} = \frac{192,84 + (0,85 \times 1.014,968)}{5.000} = 0,21$$

$$C_{p23} = 0,21 + 0,34 = 0,55$$

$$C_{24} \text{ unitário} = \frac{182,67 + (0,85 \times 961,406)}{5.000} = 0,20$$

$$C_{p24} = 0,20 + 0,34 = 0,54$$

$$Pv_3 \text{ unitário} = \frac{600,00}{1.000,00} = 0,60$$

$$C_{31 \text{ unitário}} = \frac{235,57 + (0,93 \times 1.239,836)}{5.000} = 0,28$$

$$C_{p31} = 0,28 + 0,60 = 0,88$$

$$C_{32 \text{ unitário}} = \frac{250,81 + (0,93 \times 1.320,066)}{5.000} = 0,30$$

$$C_{p32} = 0,30 + 0,60 = 0,90$$

$$C_{33 \text{ unitário}} = \frac{60,10 + (0,93 \times 316,296)}{5.000} = 0,07$$

$$C_{p33} = 0,07 + 0,60 = 0,67$$

$$C_{34 \text{ unitário}} = \frac{407,07 + (0,93 \times 2.152,988)}{5.000} = 0,48$$

$$C_{p34} = 0,48 + 0,60 = 1,08$$

No Quadro 8 são apresentados os custos totais unitários ( transporte + venda ) da frota própria da origem até o destino.

Quadro 8: Custos totais unitários do Caminhão próprio.

CP <sub>ij</sub>	Rio de Janeiro	Juiz de Fora	São Paulo	Vitória
Cerâmica A	-	-	-	-
Cerâmica B	0,36	0,43	0,55	0,54
Cerâmica C	0,88	0,90	0,67	1,08

Para calcularmos os custos totais unitários da frota terceirizada teremos que encontrar primeiro o valor do custo de transporte unitário da origem até o destino. Os preços dos fretes sem incluir o combustível são representados no quadro 9. Sabemos que o preço de venda do milheiro na cerâmica de Campos dos Goytacazes é de R\$ 280,00 e que os preços unitários de venda na cerâmica de Itaboraí e na cerâmica de Cesário Lange (já calculados a cima) são respectivamente R\$ 0,34 e R\$ 0,60.

Quadro 9 : Custo do frete terceirizado sem combustível.

Para	Rio de Janeiro	Juiz de Fora (MG)	São Paulo	Vitória (ES)
Campos	590,00	735,00	1.600,00	330,00
Itaboraí	320,00	800,00	1.300,00	1.100,00
Cesário	1.765,00	1.850,00	480,00	3.000,00

$$C_{ij \text{ unitário}} = \frac{CB + P_{\text{Frete terc.}}}{5.000}$$

$$Pv_i \text{ unitário} = \frac{\text{Custo do milheiro}}{1000}$$

$$C_{Tij} = C_{ij \text{ unitário}} + Pv_{\text{unitário}}$$

Onde:

- $C_{ij \text{ unitário}}$  = é o custo de transporte unitário da origem i ao destino j;
- CB = é o custo do combustível;
- Dist = é a distância de ida e volta da origem até o destino;
- $Pv_i \text{ unitário}$  = é o preço unitário de venda da origem i;
- $Ct_{ij}$  = é o custo total unitário da frota terceirizada da origem i ao destino j;



- $P_{\text{Frete Terc.}}$  = é o preço do frete da origem i até o destino j.

$$Pv_3 \text{ unitário} = \frac{280,00}{1.000,00} = 0,28$$

$$C_{11} \text{ unitário} = \frac{109,90 + 590}{5.000} = 0,12$$

$$C_{t11} = 0,12 + 0,28 = 0,40$$

$$C_{12} \text{ unitário} = \frac{115,94 + 735}{5.000} = 0,17$$

$$C_{t12} = 0,17 + 0,28 = 0,45$$

$$C_{13} \text{ unitário} = \frac{283,92 + 1.600,00}{5000} = 0,38$$

$$C_{t13} = 0,38 + 0,28 = 0,66$$

$$C_{14} \text{ unitário} = \frac{93,10 + 330}{5.000} = 0,08$$

$$C_{t14} = 0,08 + 0,28 = 0,36$$

$$C_{21} \text{ unitário} = \frac{18,82 + 320}{5.000} = 0,07$$

$$C_{t21} = 0,07 + 0,34 = 0,41$$

$$C_{22} \text{ unitário} = \frac{80,06 + 800}{5.000} = 0,18$$

$$C_{t22} = 0,18 + 0,34 = 0,54$$

$$C_{23} \text{ unitário} = \frac{192,84 + 1.300}{5.000} = 0,30$$

$$C_{t23} = 0,30 + 0,34 = 0,64$$

$$C_{24} \text{ unitário} = \frac{182,66 + 1.100}{5.000} = 0,26$$

$$C_{t24} = 0,26 + 0,34 = 0,60$$

$$C_{31} \text{ unitário} = \frac{235,56 + 1.765}{5.000} = 0,40$$

$$C_{t31} = 0,40 + 0,60 = 1,00$$

$$C_{32} \text{ unitário} = \frac{250,81 + 1.850}{5.000} = 0,42$$

$$C_{t32} = 0,42 + 0,6 = 1,02$$

$$C_{33} \text{ unitário} = \frac{60,10 + 480}{5.000} = 0,11$$

$$C_{t33} = 0,11 + 0,6 = 0,71$$

$$C_{34} \text{ unitário} = \frac{409,07 + 2.600}{5.000} = 0,60$$

$$C_{t34} = 0,6 + 0,6 = 1,20$$

No quadro 10 são apresentados os custo totais unitários da frota terceirizada da origem i até o destino j conforme foi calculado acima.

Quadro 10: Custo unitário de transporte da frota terceirizada.

CT <sub>ij</sub>	Rio de Janeiro	Juiz de Fora	São Paulo	Vitória
Cerâmica A	0,40	0,45	0,66	0,36
Cerâmica B	0,41	0,54	0,64	0,60
Cerâmica C	1,00	1,02	0,71	1,20

A seguir é apresentada a modelagem do problema de transporte visando a minimização dos custos envolvidos no quadro 9 e no quadro 10. Essa modelagem foi feita através do software Lindo, e os resultados obtidos trazendo as discussões e as recomendações para trabalhos futuros.

Minimizar z =

$$0.36xp_{21}+0.43xp_{22}+0.55xp_{23}+0.54xp_{24} \\ +0.88xp_{31}+0.90xp_{32}+0.67xp_{33}+1.08xp_{34} \\ +0.40xt_{11}+0.45xt_{12}+0.66xt_{13}+0.36xt_{14} \\ +0.41xt_{21}+0.54xt_{22}+0.64xt_{23}+0.60xt_{24} \\ +1.00xt_{31}+1.02xt_{32}+0.71xt_{33}+1.20xt_{34}$$

Sujeito a:

$$xt_{11}+xt_{12}+xt_{13}+xt_{14} \leq 13386516 \\ xp_{21}+xt_{21}+xp_{22}+xt_{22}+xp_{23}+xt_{23}+xp_{24}+xt_{24} \leq 1533987 \\ xp_{31}+xt_{31}+xp_{32}+xt_{32}+xp_{33}+xt_{33}+xp_{34}+xt_{34} \leq 17814364$$

$$xt_{11}+xp_{21}+xt_{21}+xp_{31}+xt_{31} = 35000 \\ xt_{12}+xp_{22}+xt_{22}+xp_{32}+xt_{32} = 70000 \\ xt_{13}+xp_{23}+xt_{23}+xp_{33}+xt_{33} = 55000 \\ xt_{14}+xp_{24}+xt_{24}+xp_{34}+xt_{34} = 55000$$

$$xt_{11}+xt_{12}+xt_{13}+xt_{14} \leq 40000 \\ xp_{21}+xp_{22}+xp_{23}+xp_{24} \leq 30000 \\ xt_{21}+xt_{22}+xt_{23}+xt_{24} \leq 60000 \\ xp_{31}+xp_{32}+xp_{33}+xp_{34} \leq 25000 \\ xt_{31}+xt_{32}+xt_{33}+xt_{34} \leq 65000$$

$$xp_{ij} \geq 0 \quad xt_{ij} \geq 0 \quad (i=1\dots m, j=1\dots n)$$

O modelo gerado será resolvido pelo software LINDO® (Linear, Integer and Discrete Optimizer), versão 6.1. O LINDO é uma excelente ferramenta para resolver problemas de programação Linear, inteira ou quadrática. O software fornece, além da solução ótima, relatórios que permitem uma análise detalhada das restrições e condições de fornecimento.

A Figura 16 apresenta a interface de programação do software LINDO, na qual está representada a função-objetivo e as restrições do modelo proposto. O comando GIN [nome da variável] foi acrescentado para indicar que as variáveis  $x_{ij}$  e  $xt_{ij}$  são do tipo inteira.

```

LINDO
File Edit Solve Reports Window Help
<untitled>

min  0.36xp21+0.43xp22+0.55xp23+0.54xp24
    +0.88xp31+0.90xp32+0.67xp33+1.08xp34
    +0.40xt11+0.45xt12+0.66xt13+0.36xt14
    +0.41xt21+0.54xt22+0.64xt23+0.60xt24
    +1.00xt31+1.02xt32+0.71xt33+1.20xt34

st

    xt11+xt12+xt13+xt14<=13386516
    xp21+xt21+xp22+xt22+xp23+xt23+xp24+xt24<=1533987
    xp31+xt31+xp32+xt32+xp33+xt33+xp34+xt34<=17814364

    xt11+xp21+xt21+xp31+xt31=35000
    xt12+xp22+xt22+xp32+xt32=70000
    xt13+xp23+xt23+xp33+xt33=55000
    xt14+xp24+xt24+xp34+xt34=55000

    xt11+xt12+xt13+xt14<=40000
    xp21+xp22+xp23+xp24<=30000
    xt21+xt22+xt23+xt24<=60000
    xp31+xp32+xp33+xp34<=25000
    xt31+xt32+xt33+xt34<=65000

end

gin 10
    
```

Figura 16: Interface de programação do software LINDO

A figura 17 apresenta o relatório gerado pelo software LINDO. De acordo com este relatório é mostrado a distribuição ótima envolvendo os veículos próprios e terceirizados, onde foram encontradas as seguintes informações:

```

LINDO - [Reports Window]
File Edit Solve Reports Window Help

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 13

OBJECTIVE FUNCTION VALUE
1) 122700.0

VARIABLE      VALUE      REDUCED COST
XP21          0.000000    0.060000
XP22        30000.000000    0.000000
XP23          0.000000    0.430000
XP24          0.000000    0.050000
XP31          0.000000    0.110000
XP32        25000.000000    0.000000
XP33          0.000000    0.080000
XP34          0.000000    0.120000
XT11          0.000000    0.230000
XT12          0.000000    0.150000
XT13          0.000000    0.670000
XT14        40000.000000    0.000000
XT21        35000.000000    0.000000
XT22        10000.000000    0.000000
XT23          0.000000    0.410000
XT24        15000.000000    0.000000
XT31          0.000000    0.110000
XT32         5000.000000    0.000000
XT33        55000.000000    0.000000
XT34          0.000000    0.120000

ROW  SLACK OR SURPLUS  DUAL PRICES
2) 13346516.000000    0.000000
3) 1443987.000000    0.000000
4) 17729364.000000    0.000000
5) 0.000000    -0.890000
6) 0.000000    -1.020000
7) 0.000000    -0.710000
8) 0.000000    -1.080000
9) 0.000000    0.720000
10) 0.000000    0.590000
11) 0.000000    0.480000
12) 0.000000    0.120000
13) 5000.000000    0.000000

NO. ITERATIONS= 13
    
```

Figura 17: Relatório do LINDO

A Pesquisa Operacional oferece soluções matemáticas para os casos em que a otimização é necessária. Trata-se da utilização do método científico para resolver os problemas de tomadas de decisão que envolve unidades do bloco de vedação transportadas nos caminhões próprios e terceirizadas sendo estas variáveis de decisão da solução ótima apresentada abaixo.

Para atender a demanda do Rio de Janeiro, o programa utilizou parte da capacidade de transporte da frota terceirizada de Itaboraí conseguindo atender toda a demanda do Rio de Janeiro, onde:

- $X_{t_{21}}$  = Indica que 35.000 unidades foram enviadas no caminhão terceirizado de Itaboraí até Rio de Janeiro.

Para atender a demanda de Juiz de Fora, o programa utilizou toda a capacidade transporte da frota própria e parte da capacidade de transporte da frota terceirizada de Cesário Lange e Itaboraí, onde:

- $X_{t_{32}}$  = Indica que 5.000 unidades foram enviadas no caminhão terceirizado de Cesário Lange SP para Juiz de Fora MG.
- $X_{p_{32}}$  = Indica que 25.000 unidades foram transportadas no caminhão próprio de Cesário Lange até Juiz de Fora MG.
- $X_{t_{22}}$  = Indica que 10.000 unidades foram enviadas no caminhão terceirizado de Itaboraí até Juiz de Fora MG
- $X_{p_{22}}$  = Indica que 30.000 unidades foram transportadas no caminhão próprio de Itaboraí até Juiz de Fora MG.

Para atender a demanda de São Paulo, o programa utilizou parte da capacidade de transporte da frota própria de Cesário Lange.

- $X_{t_{33}}$  = Indica que 55.000 unidades forma transportadas no caminhão terceirizado de Cesário Lange até Grande São Paulo.

Para atender a demanda de Vitória, o programa utilizou toda capacidade de transporte da frota terceirizada de Campos dos Goytacazes e a outra parte foi transportada pela frota terceirizada da Itaboraí.

- $X_{t_{14}}$  = Indica que 40.000 unidades foram enviadas no caminhão terceirizado de Campos dos Goytacazes até Vitória ES.
- $X_{t_{24}}$  = Indica que 15.000 unidades foram enviadas no caminhão terceirizado de Itaboraí até Vitória ES.

O algoritmo encontrou um programa de distribuição ótima na qual minimizou a compra do bloco cerâmico de vedação 9x19x29 cujo valor foi de 122.700,00, optando assim pela melhor alternativa de compra para uma construtora fictícia, em que foram consideradas no estudo frotas próprias exceto na cerâmica A em Campos (origem1) e frotas terceirizadas.

De acordo com a análise feita foi observado que o programa considera não só o menor custo, mas também a diferença entre os custos, por exemplo, o programa poderia ter utilizado toda a capacidade de transporte da frota própria de Cesário Lange para atender parte da demanda da grande São Paulo, pois este apresenta o menor custo total unitário, porém o programa optou por utilizar a frota terceirizada de Cesário Lange.

---

## CONCLUSÃO

Após o resultado obtido, pode se afirmar que o trabalho atingiu o objetivo proposto de desenvolver um modelo matemático de programação linear capaz de minimizar os custos de compra e transporte do bloco cerâmico de vedação, gerando com isso uma economia para a construtora na compra desse produto.

Constatamos que é viável manter uma frota própria para não comprometer os serviços de transporte e principalmente não gerar o custo de não atendimento do mercado, pois estes custos são imensuráveis em um mercado tão competitivo como o da cerâmica.

Recomenda-se a utilização da pesquisa operacional como suporte para a tomada de decisões em vários seguimentos da construção civil, pois esta ferramenta pode ajudar na redução dos custos relacionados à compra de materiais, tornando assim a empresa mais competitiva.

Neste trabalho, a modelagem do problema foi tratada de forma simplificada e detalhada. Os problemas envolvendo pedágio não foram abordados.

Para o desenvolvimento de trabalhos futuros fica como sugestão o estudo dos problemas envolvendo pedágio podendo ser usada a metodologia aqui apresentada, a diferença de consumo de combustível do caminhão cheio e vazio, um estudo mais detalhados dos custos fixos envolvidos no problema de transporte e um estudo sobre os fatores que podem interferir no mercado (Programa de Aceleração do Crescimento, Programa de Habitação, etc).

O fornecimento dos dados por parte da cerâmica A, da Cerâmica B e da Cerâmica C, o apoio do SEBRAE Campos e da Universidade Estadual do Norte Fluminense foi fundamental para o desenvolvimento do trabalho, assim recomenda-se que haja uma maior utilização dessa ferramenta não só no ramo da construção civil, mas também em outros ramos da economia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

COLIN, E.C.; CIPPARRONE, F.A.M.; SHIMIZU, T. **Otimização do custo de transporte na distribuição-armazenagem de açúcar**, Rev. Produção, v. 9, n. 1, p. 87, 1999.

VIEIRA, H.F. **Logística aplicada à construção civil**: como melhorar o fluxo de produção nas obras. São Paulo: Editora Pini, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERAMICA. **Cerâmica no Brasil**: Panoramas Setoriais. 2001. Disponível em <<http://www.abceram.org.br/cerambrasil/panoramas/index.html>> Acesso em: 28/11/2008.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Construção**: cenário e perspectivas. Disponível em: <<http://www.cbic.org.br/>> Acessado em: 28/11/2008.

LACHTERMACHER, Gerson. **Pesquisa Operacional na tomada de decisões**: modelagem em Excel. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1004. 204-206p.

NETO, V. N. **A intolerância na pesagem de caminhões**. Disponível em. <<http://www.ntcelogistica.org.br>> Acessado em: 04/07/2009