



28 · 29 · 30  
de OUTUBRO

**XII SEGET**  
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA  
TEMA 2015  
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



# USO DO CENTRO DE GRAVIDADE PARA LOCALIZAR A BASE OPERACIONAL DA TPG DO BRASIL

**Bruno Felipe de Oliveira**  
**brun0\_felipe@hotmail.com**  
FATEC - SJC

**João Osses Neto**  
**joao.osses@fatec.sp.gov.br**  
FATEC - SJC

**Josiane kwaitkowski da Silva**  
**josi.k@hotmail.com**  
FATEC - SJC

**Pedro Paulo Carlini Santoro**  
**pedrosantoro@hotmail.com**  
FATEC - SJC

**Resumo:** Este trabalho tem como tema o uso do método do Centro de Gravidade para localizar a base operacional da empresa TPG do Brasil no Vale do Paraíba, uma empresa que tem como principal fonte de insumos o biogás gerado em aterros sanitários. Hoje em dia, o pleno atendimento aos clientes é fator chave para a continuidade das empresas num ambiente altamente competitivo, desta maneira os gestores devem direcionar sua atenção e dedicação para atender às suas exigências. Neste cenário, a escolha de uma boa localização é essencial, pois uma menor distância entre a empresa e o consumidor tem como consequência a otimização do tempo e do custo de transporte, aumentando a qualidade de atendimento.

**Palavras Chave:** localização - TPG do Brasil - Biogás - Centro de Gravidade -



28 · 29 · 30  
de OUTUBRO

**XII SEGET**  
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA  
TEMA 2015  
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



## 1. INTRODUÇÃO

Hoje em dia, o pleno atendimento aos clientes é fator chave para a continuidade das empresas num ambiente altamente competitivo, logo a localização das facilidades é fator determinante para alcançá-lo, pois minimizando as distâncias, além de diminuir os custos com transportes, aumenta a qualidade do atendimento ao cliente.

Segundo DASKIN (1995), os problemas de localização de facilidades tratam de decisões sobre onde devem ser localizadas facilidades, considerando clientes que podem ser servidos de forma a otimizar um certo critério. Esse critério pode ser, dentre vários, a menor distância entre a base da empresa e os locais de atendimento, está pode ser medida utilizando o Centro de Gravidade.

Segundo Bowersox e Closs (2001), o método Centro de Gravidade é uma técnica analítica utilizada em problemas de localização para localizar uma instalação no centro de gravidade, podendo esse ser o centro de peso, o centro de distância, o centro combinado de peso-distância ou ainda o centro combinado de peso-tempo-distância em uma dada região de atuação, para selecionar a alternativa de menor custo.

Este trabalho tem como objetivo pesquisar e colocar em prática o método do centro de gravidade para definir a localização da base operacional da empresa TPG do Brasil no Vale do Paraíba. Para tal foi utilizado o *software* Logware, versão 5.0, disponível na quinta edição do livro Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial, de Ronald H. Ballou.

## 2. PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO

Na área de negócios, é muito comum a identificação de problemas de localização de fábricas, armazéns, centros de distribuição, entre outros (LACHTERMACHER, 2009, p. 180). Segundo Ballou (2006), localizar instalações ao longo da rede da cadeia de suprimentos é um importante problema de decisão que dá forma, estrutura e contornos ao conjunto completo dessa cadeia, definindo as alternativas usadas para operar o sistema, além dos custos e níveis de investimentos a elas associados.

Decisões sobre a localização de uma instalação envolvem a determinação do número, local e do tamanho das instalações a serem usadas, dessa forma, segundo Ballou (2006) temos as classificações dos problemas em categorias como: força direcionadora; número de instalações; descontinuidade das escolhas; grau de agregação de dados; horizonte de tempo.

### a) Força Direcionadora

Envolve os fatores mais importantes a serem considerados na localização de instalações. Por exemplo, os fatores de localização mais importantes para fábricas e armazéns seriam os econômicos; já para uma loja de varejo é mais interessante estar localizado próximo ao centro de consumo.

### b) Número das Instalações

Outro fator a se considerar num problema de localização é em relação ao número de instalações a serem construídas, podendo ser uma instalação única ou múltipla, sendo que para este último deve ser levado em consideração o estudo das forças competitivas, a divisão da demanda entre as instalações e o aumento da instalação e do custo fixo de uma forma geral.

### c) Descontinuidade das Escolhas

Refere-se à exploração das localidades possíveis de forma contínua até a escolha da melhor de todas, conhecido como métodos de localização contínuos. Além deste método, há o



28 · 29 · 30  
de OUTUBRO

**XII SEGET**  
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA  
TEMA 2015  
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



método discreto, mais utilizado nos casos de localização de múltiplas instalações, em que os métodos de localização pesquisam a localidade ideal dentre uma relação de opções viáveis.

d) Grau de Agregação de Dados

Envolve a agregação de dados geográficos na solução de um problema prático de localização, devido à complexidade cada vez maior das configurações de projetos de rede. A agregação dos dados tem como resultado a limitação da acurácia de grandes áreas geográficas, como cidades inteiras.

e) Horizonte de Tempo

Deve-se considerar também em problemas de localização o horizonte de tempo em que a instalação ficará no local, ou seja, o planejamento de localização deverá levar em conta possíveis mudanças futuras que possam afetar a viabilidade da instalação, visto que isso representa um investimento fixo e os custos de mudar de uma localização para outra podem ser elevados.

### 5.1- LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÃO ÚNICA

Um dos modelos para resolver problemas de localização de instalação única é pela abordagem do centro de gravidade. Este método avalia a demanda existente, o volume de bens ou serviços e os custos de transportes, de forma que minimize a soma do volume em um ponto multiplicando pela tarifa de transporte para o ponto multiplicada pela distância até o ponto (Ballou, 2006), resultando na seguinte fórmula:

$$\boxed{MínTC = \sum_i V_i R_i d_i} \quad (1)$$

Em que:

TC = Custo Total do Transporte

$V_i$  = Volume no ponto  $i$

$R_i$  = Taxa de transporte até o ponto  $i$

$d_i$  = Distância até o ponto  $i$  da instalação a ser localizada

Para trabalhar com as distâncias, segundo Lachtermacher (2009), costuma-se colocar um eixo cartesiano sobre o mapa da região e determinar a posição dos centros de demanda em relação a uma origem aleatória.

A localização da instalação a ser construída é encontrada pela resolução de duas equações, uma para cada coordenada da localização, sendo chamadas também de coordenadas do centro de gravidade. As equações são:

$$\boxed{\bar{X} = \frac{\sum V_i R_i X_i / d_i}{\sum V_i R_i / d_i}} \quad (2)$$

$$\boxed{\bar{Y} = \frac{\sum V_i R_i Y_i / d_i}{\sum V_i R_i / d_i}} \quad (3)$$



Em que:

$\bar{x}, \bar{y}$  = Coordenadas da instalação localizada

$x_i, y_i$  = Coordenadas dos pontos de fonte e demanda

O di da distância entre o ponto de demanda e a instalação a ser localizada é estimado por:

$$d_i = K \sqrt{(X_i - \bar{X})^2 + (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (4)$$

Em que K é um fator de escala para converter uma unidade de uma coordenada de uma coordenada em uma medida mais comum de distância como, por exemplo, quilômetros.

Segundo Ballou (2006), o processo de solução de problemas de localização única envolve sete etapas a seguir:

1. Determinar as coordenadas X, Y para todos os pontos de oferta e demanda, além dos volumes e as tarifas de transporte.
2. Aproximar a localização inicial das fórmulas para o centro de gravidade, omitindo a distância  $d_i$ , de forma que as equações fiquem:

$$\bar{X} = \frac{\sum V_i R_i X_i}{\sum V_i R_i}$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum V_i R_i Y_i}{\sum V_i R_i}$$

3. Usar os valores encontrados para  $\bar{x}, \bar{y}$  da etapa 2 para calcular a distância  $d_i$  da equação 4.
4. Substituir  $d_i$  nas equações 2 e 3, e encontrar as coordenadas revisadas  $\bar{x}, \bar{y}$ .
5. Recalcular  $d_i$  a partir das coordenadas revisadas da etapa 4.
6. Repetir as etapas 4 e 5 até que as coordenadas  $\bar{x}, \bar{y}$  não mudem por sucessivas iterações, ou até que mudem tão pouco que continuar o cálculo não seja proveitoso.
7. E, por fim, calcular o custo total da melhor localização utilizando a equação 1 a partir da menor distância  $d_i$  encontrada.

### 3. TPG DO BRASIL

A TPG do Brasil foi fundada em 2005 e nesses anos de atividades desenvolveu soluções Tecnológicas aplicadas em compressão, descompressão e transporte de Gás Natural Comprimido (GNC).

Ao longo desses anos foram realizados projetos para grandes empresas industriais Brasileiras como Petrobras, Potigás, Natural Gás Distribuidor, Moinho Dias Branco, Lumina Resíduos Industriais, Esbra, entre outras.

Sua sede está localizada em Natal/RN, e possui um núcleo de pesquisas no Parque Tecnológico de São José dos Campos. Atua na área de gás, petróleo e energias renováveis, no reaproveitamento energético do biogás de aterros sanitários e estações de tratamento de esgoto com tecnologia nacional.

Como seu objetivo é fazer uma base operacional no Vale do Paraíba, faz-se necessário definir a melhor localização para tal, para minimizar as distâncias percorridas e, conseqüentemente, diminuir os custos com transporte. Visto que há possibilidade da empresa atuar nas cidades que possuem aterros sanitários na região, essas serão citadas no decorrer deste trabalho.



28 · 29 · 30  
de OUTUBRO

**XII SEGET**  
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA  
TEMA 2015  
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



A retirada do biogás dos aterros ocorre por meio de carretas de GNC, deslocando-se de aterro em aterro coletando o biogás que antes era queimado nos *Flares*, facilitando assim seu transporte e até mesmo seu aproveitamento na planta. A figura 1 apresenta uma carreta de GNC.



**Figura 1** - Carreta de GNC

#### **4. CIDADE DO VALE DO PARAÍBA E ATERROS SANITÁRIOS**

Sendo o tema deste trabalho a localização da base operacional da TPG do Brasil, faz-se necessário, então, um levantamento de dados das cidades do Vale do Paraíba que possuem aterros sanitários, como suas localizações, características populacionais e econômicas e as características de seus aterros.

##### **4.1. CACHOEIRA PAULISTA**

A cidade de Cachoeira Paulista está no Vale do Paraíba, entre as Serras da Mantiqueira e da Bocaina, com 195 quilômetros de distância da Capital Paulista e de 205 quilômetros do Rio de Janeiro. Seu acesso se dá pela BR 116 – Rodovia Presidente Dutra e pela SP 52 – Rodovia Nestralla Rubez. A cidade também faz limite com: Cruzeiro, Silveiras, Lorena, Piquete e Canas.

Conforme o Censo 2010 feito pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), a população é de 30.091 de habitantes e, ainda de acordo com a instituição citada acima, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é considerado alto. Ainda de acordo com a mesma pesquisa feita pelo IBGE, o Censo 2010 verificou que Produto Interno Bruto (PIB) da cidade foi de R\$ 378.646,00.

Com área de 500.000 m<sup>2</sup>, o aterro sanitário de Cachoeira Paulista recebe, aproximadamente, 350 toneladas de resíduos diariamente, produzindo 11.160 m<sup>3</sup> de biogás. Administrado pela empresa Vale Soluções Ambientais iniciou suas operações em 2006, com vida útil estimada para mais 60 anos. Recebe resíduos das seguintes cidades: Aparecida, Canas, Caçapava, Cruzeiro, Cunha, Guaratinguetá, Lavrinha, Lorena, Potim, Queluz, Roseira, São José do Barreiro, Silveiras.

##### **4.2 PINDAMONHANGABA**

Distante a 139 quilômetros da cidade de São Paulo, Pindamonhangaba faz divisa com as cidades de Taubaté, Tremembé e Roseira. O principal acesso à cidade se dá pela Rodovia Presidente Dutra, no quilômetro 99.



28 · 29 · 30  
de OUTUBRO

**XII SEGET**  
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA  
TEMA 2015  
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



Segundo o Censo demográfico do IBGE de 2010, a cidade possui 146.995 mil habitantes, com o PIB de R\$ 4.679.016,00.

O aterro sanitário de Pindamonhangaba foi construído sobre o antigo lixão da cidade, portanto, mesmo sendo ambientalmente seguro, não cumpre todos os requisitos necessários para ser um aterro sanitário com todas as especificações. O aterro recebe 136 toneladas de resíduos diariamente somente da cidade, produzindo 5.568 m<sup>3</sup> de biogás e tem vida útil até o fim de 2015, e já possui uma nova área que está em fase de licenciamento para comportar o novo aterro. Sua administração é feita pela empresa Pioneira, que ganhou a licitação para tal.

#### 4.3 TREMEMBÉ

A Estância Turística de Tremembé está localizada entre as cidades de Taubaté e Pindamonhangaba. Está a 147 km de São Paulo e 311 km do Rio de Janeiro.

Segundo o Censo de 2010 do IBGE, Jambeiro possui 40.984 habitantes, com o Produto Interno Bruto de R\$ 394.500,00.

Com área de mais de 1 milhão de m<sup>2</sup>, o aterro sanitário de Tremembé produz 31.320 m<sup>3</sup> de biogás ao receber, diariamente, 630 toneladas de resíduos das seguintes cidades: Campos do Jordão, Santo Antônio do Pinhal, São Bento do Sapucaí, Caçapava, Monteiro Lobato, Taubaté, Tremembé, Caraguatatuba, Ilhabela, Ubatuba, Biritiba Mirim e Salesópolis. Administrado pela empresa Estre iniciou suas operações em 1996 e não tem vida útil definida exatamente, devido ao tamanho do terreno.

#### 4.4 SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

A cidade de São José dos Campos está a cerca de 100 quilômetros da cidade de São Paulo. A cidade tem como principais acessos as rodovias Presidente Dutra, rodovia dos Tamoios e rodovia Carvalho Pinto. Além disso, é servida por linha férrea para transporte de cargas.

De acordo com o Censo de 2010 do IBGE, a cidade possui uma população de 629.921 habitantes, sendo a mais populosa da região e, por isso, é a sede da Região Metropolitana do Vale do Paraíba. Ainda de acordo com a mesma instituição, cidade possui um IDH muito elevado. O Produto Interno Bruto de São José dos Campos, em 2010, de acordo com o IBGE foi de R\$ 24.117.145,00, posicionando a cidade entre as 30 maiores economias do país. Esse destaque econômico se dá pelo elevado número de grandes empresas instaladas no município.

Administrado pela empresa Urbam, o aterro sanitário de São José dos Campos recebe aproximadamente 720 toneladas de resíduos diariamente e produz 33.912 m<sup>3</sup> de biogás. Em operação desde o início dos anos 90, tem vida por mais oito anos. Até então a cidade não possui uma área para um novo aterro.

#### 4.5 JAMBEIRO

Jambeiro faz limite com as cidades de São José dos Campos, Jacareí, Caçapava, Redenção da Serra, Santa Branca e Paraibuna.

Segundo o Censo de 2010 do IBGE, Jambeiro possui 5.349 habitantes, com o Produto Interno Bruto de R\$ 890.681,00. O PIB per capita da cidade é um dos maiores do país, e o IDH é considerado alto.

O aterro sanitário da cidade de Jambeiro é administrado pela empresa Engep, é um aterro novo, inaugurado em 2013 e tem vida útil até 2039. Com área de 3,3 milhões de m<sup>2</sup>, produz diariamente 6.096 m<sup>3</sup> de biogás ao receber, aproximadamente, 500 toneladas de



28 · 29 · 30  
de OUTUBRO

**XII SEGET**  
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA  
TEMA 2015  
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



resíduos das seguintes cidades: Guararema, Paraibuna, Santa Branca, São Sebastião, Arujá e Mogi das Cruzes.

#### 4.6 JACAREÍ

Jacareí está situada na região do Vale do Paraíba, no interior do estado de São Paulo. A distância da capital é de aproximadamente 90 quilômetros, e os principais acessos à cidade podem ser feitos pelas rodovias Presidente Dutra, rodovia Carvalho Pinto e rodovia Dom Pedro I.

Conforme o Censo do ano de 2010, do IBGE, a cidade possui 211.214 habitantes, sendo a terceira mais populosa da região do Vale do Paraíba, possuindo, também, um IDH alto. Com a economia da cidade baseada na indústria, Jacareí contabilizou em 2010 um PIB de R\$ 4.307.484,00.

O aterro sanitário da cidade de Jacareí está em operação desde 1986 e recebe aproximadamente 120 toneladas de resíduos diariamente, produzindo com esta quantidade 6.792 m<sup>3</sup> de biogás. Sua administração é feita pela empresa Ambiental Jacareí. Tem vida útil até novembro de 2015 sendo que uma nova área já está em fase de licenciamento ambiental.

### 5. PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO DA BASE OPERACIONAL DA TPG DO BRASIL NO VALE DO PARAÍBA

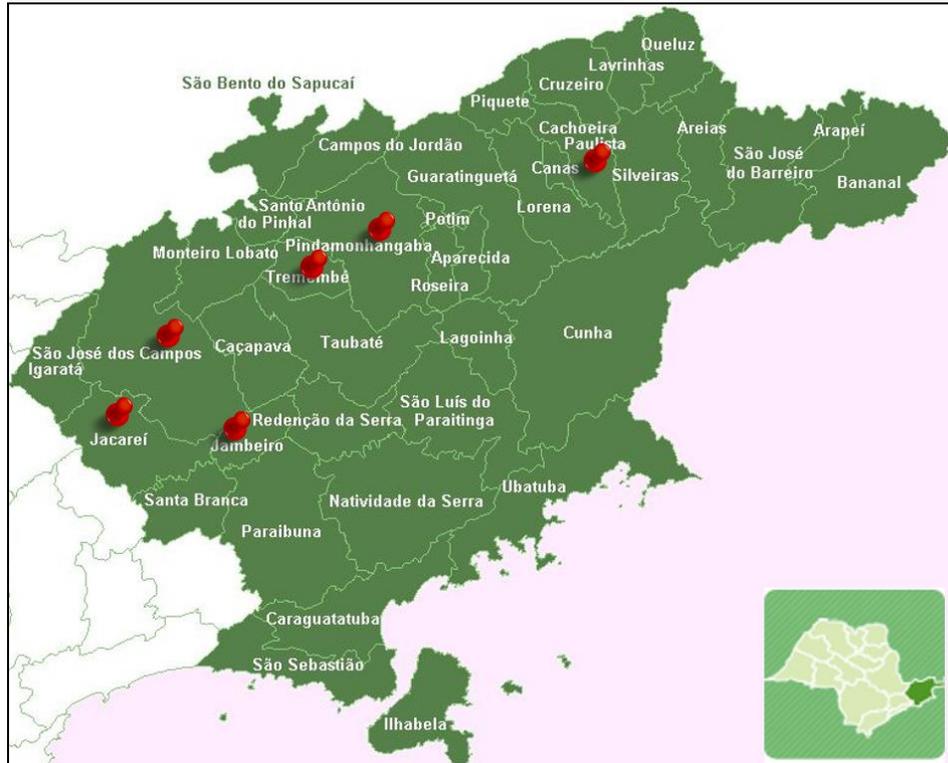
A localização da base operacional da TPG no Vale do Paraíba é um fator importante, pois ao estabelecer a instalação no centro de gravidade da demanda, é possível minimizar as distâncias, desta forma minimizando os custos com transportes, além de aumentar a qualidade do atendimento ao cliente.

Para a resolução do problema de localização da base operacional da TPG do Brasil foi utilizado o *software* Logware, versão 5.0, disponível na quinta edição do livro Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial, de Ronald H. Ballou, como dito anteriormente.

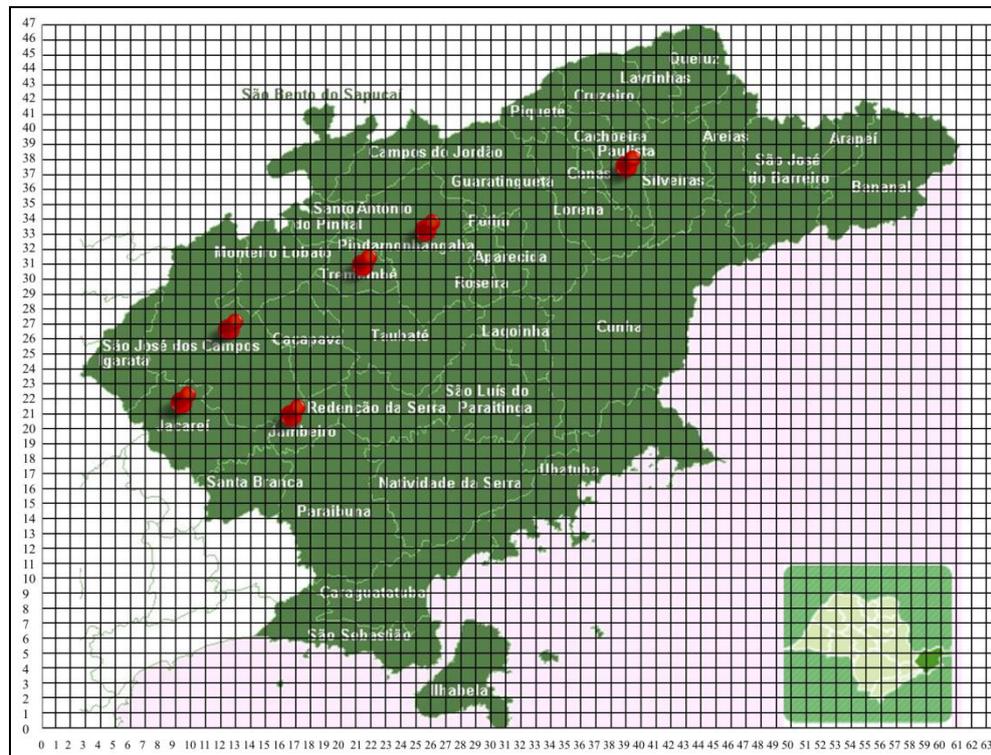
Logware é uma coleção de *softwares* úteis para analisar uma variedade de problemas de logística e de cadeia de abastecimento e estudos de caso (BALLOU, 2004). Desta coleção de *softwares* foi escolhido o módulo COG (do inglês *Center-of-Gravity*, ou Centro de Gravidade), pois este método é utilizado para localizar uma instalação única no exato centro de gravidade das demandas, de modo a diminuir os custos totais pela redução da distância percorrida. As bases matemáticas utilizadas neste *software* foram explicadas no capítulo 5.

Para a resolução deste problema necessita-se conhecer alguns dados como: as coordenadas dos pontos dos aterros das cidades pesquisadas, o volume de fonte/demanda e a taxa de transporte.

As coordenadas foram encontradas em cima da localização agregada dos aterros no Vale do Paraíba, demonstrada na figura 2, em que houve a divisão do mapa da região em uma grade linear, com escala de 1 coordenada para 4 km. A figura 3 mostra o mapa segmentado.



**Figura 2:** Localização agregada dos aterros do Vale do Paraíba



**Figura 3:** Mapa segmentado dos aterros do Vale do Paraíba

As coordenadas foram definidas, por aproximação, conforme a tabela 1.



28 · 29 · 30  
de OUTUBRO

**XII SEGET**  
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA  
TEMA 2015  
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



**Tabela 1** - Coordenadas dos aterros do Vale do Paraíba

Cidades	X	Y
Cachoeira Paulista	38,8	37,6
Jacareí	9,1	21,7
Jambeiro	16,4	20,9
Pindamonhangaba	25,5	33,1
São José dos Campos	12,4	26,4
Tremembé	21,2	30,9

O volume de fonte/demanda utilizado na resolução deste problema foi o número estimado de viagens ao ano de carretas de GNC. Inicialmente foi utilizado o banco de dados da TPG do Brasil no ano de 2015, onde se tem a quantidade de biogás produzida por hora, medida em m<sup>3</sup>. A partir desses dados foi possível estabelecer a estimativa de produção anual de biogás, ao multiplicar a produção horária por 8.760 (24 horas x 365 dias), conforme tabela 2.

**Tabela 2** - Produção de biogás por hora e ao ano

Cidades	Produção de biogás (m <sup>3</sup> /hora)	Produção de biogás (m <sup>3</sup> /ano)
Cachoeira Paulista	465	4.073.400
Jacareí	283	2.479.080
Jambeiro	254	2.225.040
Pindamonhangaba	232	2.032.320
São José dos Campos	1413	12.377.880
Tremembé	1305	11.431.800

Após encontrar a produção anual de biogás em cada aterro, foi calculado o número de viagens ao ano necessário para o transporte do biogás gerado. Sabendo que cada carreta de GNC da empresa TPG do Brasil comporta até 8.000 m<sup>3</sup> de biogás, segundo dados da própria TPG (2015), tem-se, então, a quantidade de carretas que serão movimentados anualmente em cada cidade para o atendimento dos aterros sanitários.

Considerando como constante a taxa de produção em todos os aterros e que os caminhões operem com a capacidade máxima, tem-se o total de viagens anual dos caminhões, conforme a tabela 3.



28 · 29 · 30  
de OUTUBRO

**XII SEGET**  
SIMPÓSIO DE EXCELENCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA  
TEMA 2015  
Otimização de Recursos e Desenvolvimento

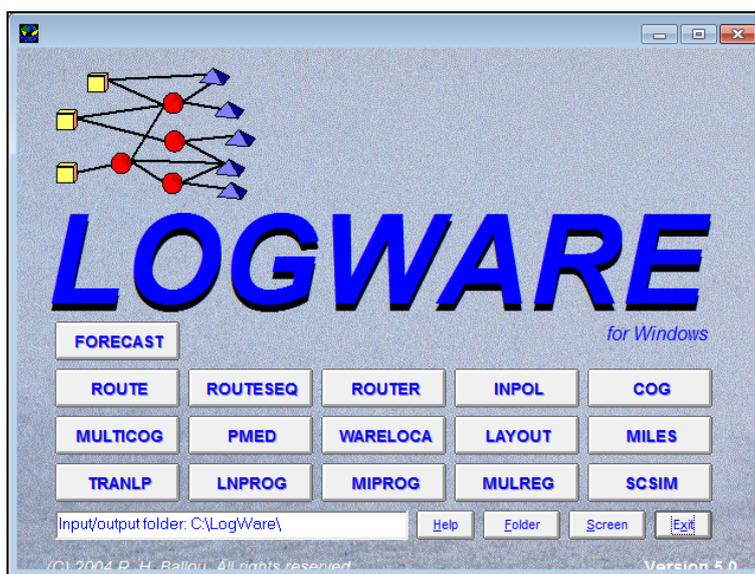


**Tabela 3 - Número de viagens ao ano**

Cidades	Produção de biogás (m <sup>3</sup> /ano)	Viagens/ano
Cachoeira Paulista	4.073.400	509
Jacareí	2.479.080	310
Jambeiro	2.225.040	278
Pindamonhangaba	2.032.320	254
São José dos Campos	12.377.880	1.547
Tremembé	11.431.800	1.429

E, por fim, a taxa de cálculo utilizada na resolução do presente problema foi o custo variável por km rodado, no valor de US\$ 0,843/km, por considerar que os outros custos de transporte constantes, como custos fixos, manutenção de equipamentos, salários, etc. O valor de US\$ 0,843/km foi definido segundo um artigo publicado pela PUC-Rio.

Com esses dados em mãos é possível a resolução do problema no Logware, utilizando o módulo COG (figura 4), iniciando em *Start* (figura 5), abrindo a janela para a entrada dos dados (figura 6).



**Figura 4 - Módulos do Logware**



28 · 29 · 30  
de OUTUBRO

XII SEGET  
SIMPÓSIO DE EXCELENCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA  
TEMA 2015  
Otimização de Recursos e Desenvolvimento

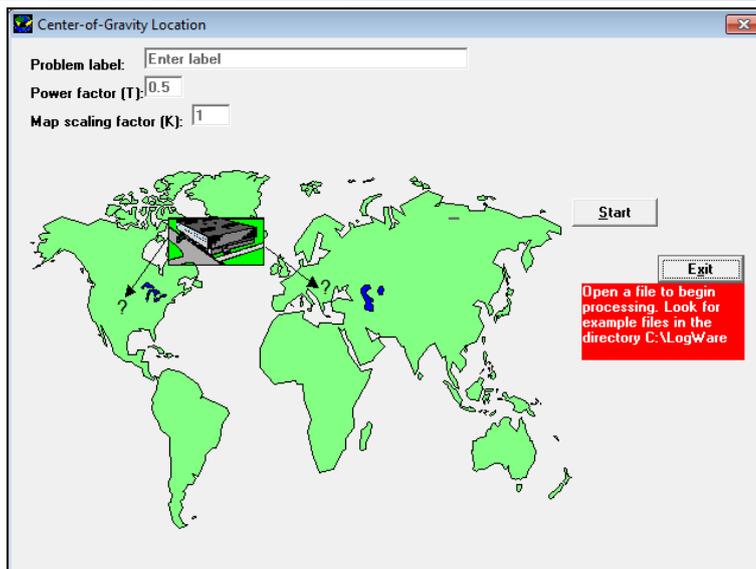


Figura 5 - Tela de início do módulo de Centro de Gravidade

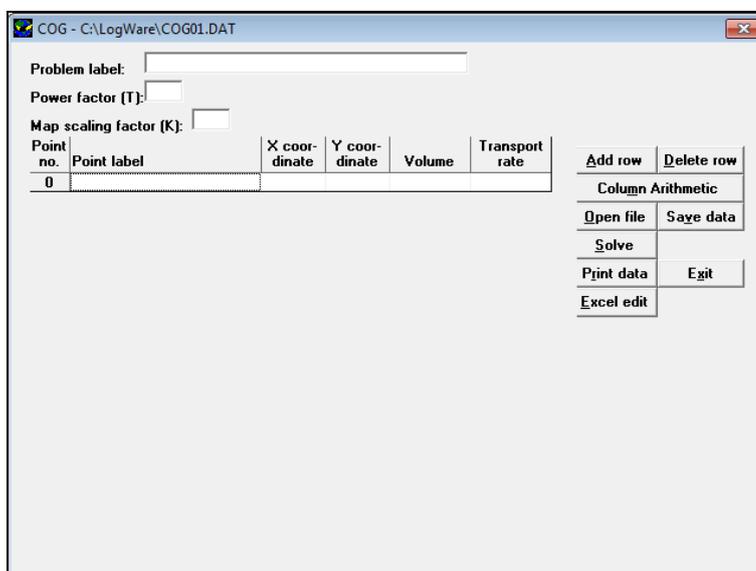
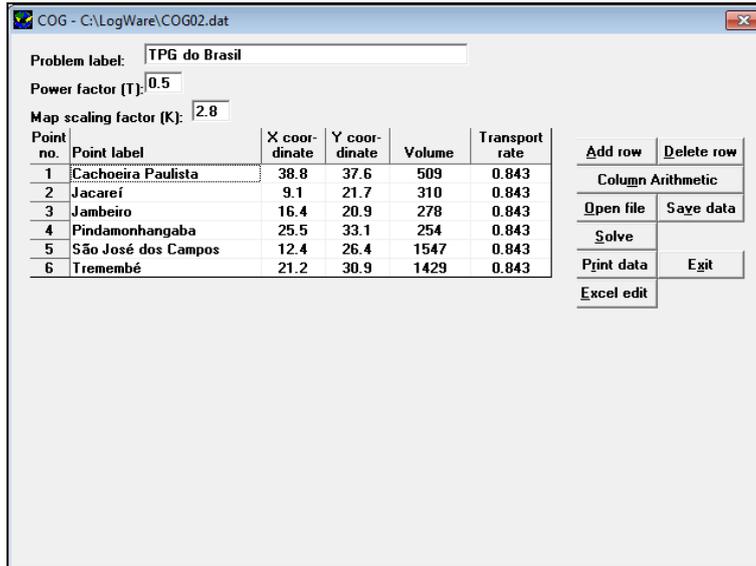


Figura 6 - Módulo Centro de Gravidade

Inicialmente define-se o nome do problema (*Problem label*) e o fator de escala (*Map scaling factor*). Este último se refere ao valor de conversão da distância entre coordenadas para milhas. Como este trabalho é feito utilizando o sistema métrico, há a necessidade de uma nova conversão, de quilômetros para milhas, cujo valor de conversão é de 1 km para 0,621 milhas. Como o valor da distância entre coordenadas neste problema é de 1 coordenada para 4 quilômetros, pode-se converter esta escala em aproximadamente 1 coordenada para 2,8 milhas, valor este que será utilizado como fator de escala.

O segundo passo é adicionar linhas (*Add row*) no problema, de forma que possa inserir os dados de cada cidade no Logware, como o nome das cidades em *Point Label*, as suas localizações em pares ordenados em *X coordinate* e *Y coordinate* e por fim a demanda de cada ponto em *Volume*.

E finalmente colocar a taxa de transporte em *Transport Rate*, cujo valor neste problema é de U\$0,843/km. A tela com as informações preenchidas está demonstrada na figura 7.



COG - C:\LogWare\COG02.dat

Problem label: TPG do Brasil

Power factor (T): 0.5

Map scaling factor (K): 2.8

Point no.	Point label	X coordinate	Y coordinate	Volume	Transport rate
1	Cachoeira Paulista	38.8	37.6	509	0.843
2	Jacareí	9.1	21.7	310	0.843
3	Jambeiro	16.4	20.9	278	0.843
4	Pindamonhangaba	25.5	33.1	254	0.843
5	São José dos Campos	12.4	26.4	1547	0.843
6	Tremembé	21.2	30.9	1429	0.843

Buttons: Add row, Delete row, Column Arithmetic, Open file, Save data, Solve, Print data, Excel edit, Exit

Figura 7 - O problema estruturado no Logware

Após a estruturação deste problema no Logware pode-se resolver ao clicar em Solve. Na janela *Facility coordinates* (figura 8) pode-se escolher a opção 1 para fazer uma iteração ou a opção 2 se deseja especificar a localização da instalação para obter a informação de custos; para este problema foi escolhida a opção 1.

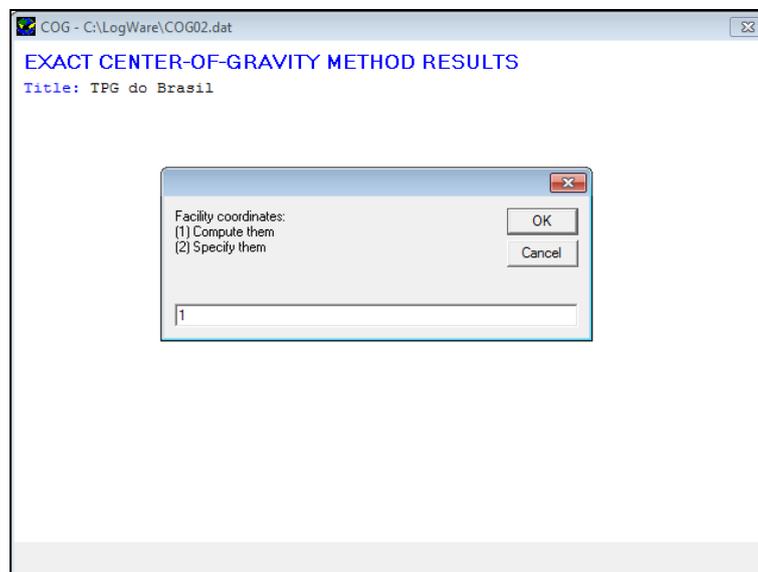
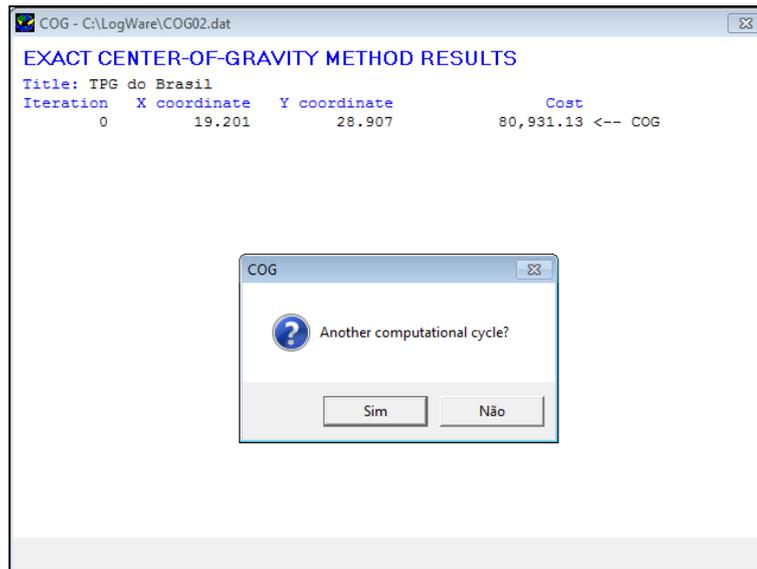


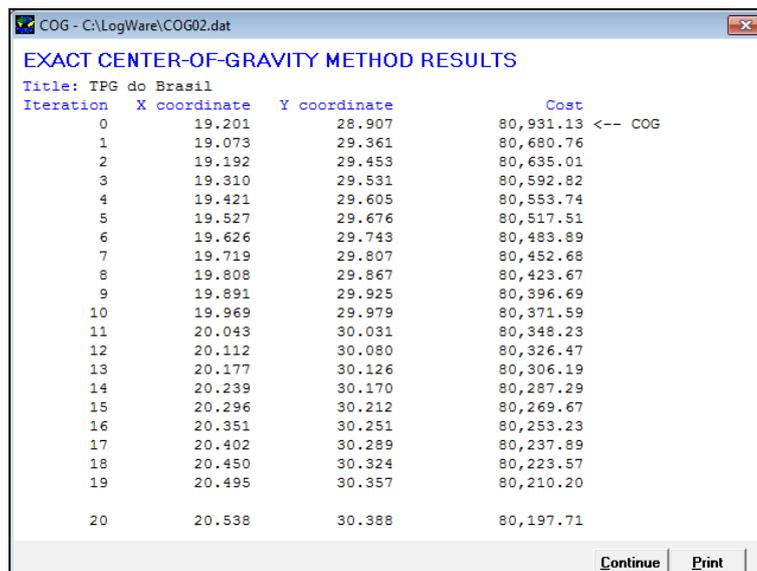
Figura 8 - Janela de coordenadas da instalação

A janela *Another computational cycle* é uma janela de pedido para uma nova iteração (figura 9). Neste trabalho foi realizado vinte iterações para obter uma resposta consistente.



**Figura 9** - Janela de pedido de nova iteração

Após as iterações deste problema tem-se a resposta que a melhor localização da base operacional da TPG do Brasil no Vale do Paraíba é no par ordenado (20,5;30,3), com um custo de US\$ 80.197,71 ao ano, segundo a figura 10.



**Figura 10** - Solução do problema

Ao plotar essa localização no mapa segmentado da região do Vale do Paraíba, tem-se que a melhor localidade para a instalação da base operacional da TPG do Brasil na região do Vale do Paraíba é na região central do município de Tremembé, conforme a figura 11.



28 · 29 · 30  
de OUTUBRO

**XII SEGET**  
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA  
TEMA 2015  
Otimização de Recursos e Desenvolvimento

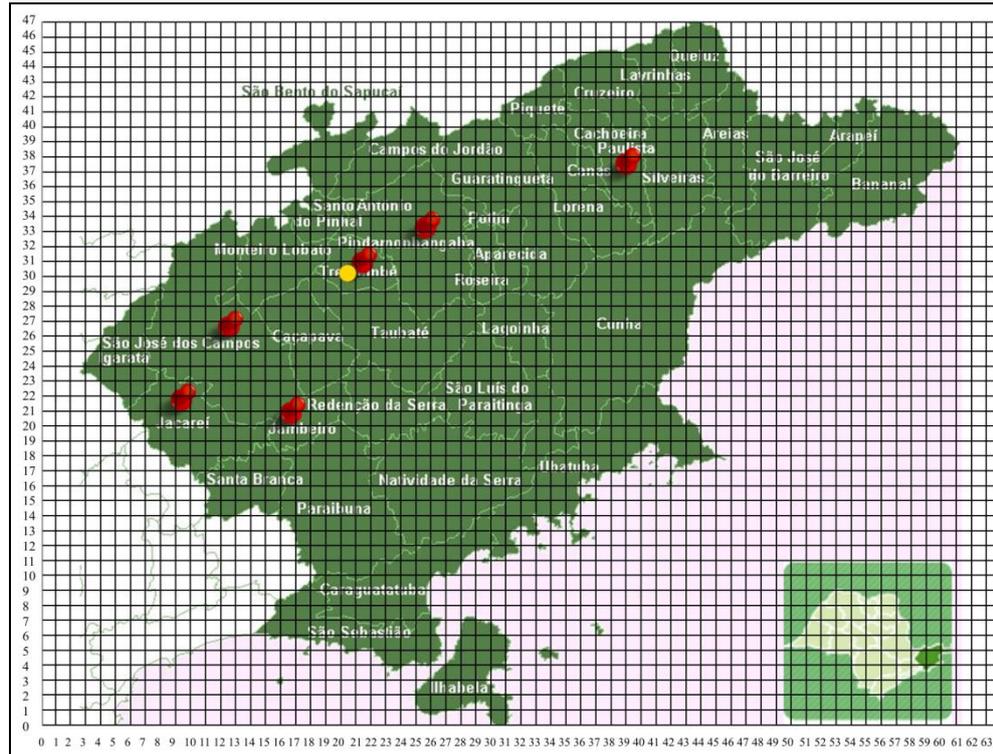


Figura 11 - Solução do problema no mapa

## 7. CONCLUSÃO

O pleno atendimento ao cliente é fator de competitividade para as empresas, por isso os gestores devem direcionar sua atenção e dedicação para atender às suas exigências. Desenvolvendo sistemas e projetos que otimizem o tempo e custos com transporte, logo a escolha de uma boa localização é essencial para tal objetivo.

Sendo essa escolha bastante complexa em decorrência das diversas variáveis a serem consideradas que, normalmente, são qualitativas e quantitativas, começando pela escolha de qual fator será mais importante. Sendo assim, supondo que a distância entre a facilidade e os clientes é indicador de relevância para o bom atendimento e objetivando o custo mínimo de transporte para uma instalação intermediária localizada entre os pontos de origem e destino utilizou-se como ferramenta o método de Centro de Gravidade para chegar a uma solução ótima.

Conclui-se, portanto, que após as iterações deste problema tem-se a resposta que a melhor localização da base operacional da TPG do Brasil no Vale do Paraíba é no par ordenado (20,5;30,3) da grade linear utilizada no trabalho, cuja localização é a região central do município de Tremembé, apresentando uma menor distância entre os pontos de demanda e custo de US\$ 80.197,71 ao ano.

## 8. REFERÊNCIAS

- BALLOU, R. H.** Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial. São Paulo: Bookman, 2006
- BOWERSOX, D. J. ; CLOSS, D. J.** Logística Empresarial: O processo de integração da cadeia de suprimento. São Paulo: Atlas, 2001
- CETESB.** Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/residuos-solidos/residuosSolidos2014.pdf> Acesso em: 18/06/2015
- DASKIN, M.** *Network and Discrete Location: Models, Algorithms, and Applications*. New York: WileyInterscience, 1995



28 · 29 · 30  
de OUTUBRO

**XII SEG e T**  
SIMPÓSIO DE EXCELENCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA  
TEMA 2015  
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



**IBGE.** Dados gerais dos municípios do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=35&search=sao-paulo> Acesso em: 18/06/2015

**LACHTERMACHER, G.** Pesquisa Operacional na tomada de decisões. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009

**PUC-RIO.** Análise do Custo de Transporte de Gás Natural. Disponível em [http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/13793/13793\\_4.PDF](http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/13793/13793_4.PDF) Acesso em: 12/06/2015

**TPG.** TPG do Brasil Disponível em: <http://tpgdo brasil.com> Acesso em: 18/06/2015