

**FEC – Curso de Especialização em Gestão da Cadeia de Suprimentos e Logística**  
**LALT – Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transporte**  
**FEC – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo**  
**UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas**

**Trabalho de Conclusão de Curso**

**PROJETO DE LOCALIZAÇÃO E ALOCAÇÃO DE INSTALAÇÕES**

**Aluno: André Rodrigo Boscolo Moraes**

# PROJETO DE LOCALIZAÇÃO E ALOCAÇÃO DE INSTALAÇÕES

**Engº. André Rodrigo Boscolo Moraes**

Orientador: MSc. Engº. Sérgio Adriano Loureiro

LALT – Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transporte

FEC – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas

## RESUMO

O início de operação comercial da linha de transmissão de energia elétrica, a LT 600 kV Rondônia – Araraquara 2, será um marco histórico ao país, pois interligará o Complexo do Madeira ao SIN - Sistema Interligado Nacional, e conseqüentemente, ofertará mais energia para sustentar o seu crescimento econômico. Exigirá das empresas envolvidas, reverem a rede da cadeia de suprimentos, reestruturando-se, para atender às necessidades de materiais, equipamentos e mão de obra especializada à sua manutenção. A proposta é a criação de uma ou mais bases avançadas, que atendam o trecho da linha entre os estados do Mato Grosso e Rondônia, permitindo atingir altos níveis de serviço a baixos custos de transporte. Para isso, optou-se por modelos de otimização, adotando os métodos de Localização Gravitacional e Localização de Instalações com Base em Capacidade, que por sua vez, apontaram Cuiabá, a cidade de maior potencial para atender às essas necessidades logísticas.

## ABSTRACT

The start of commercial operation of the transmission line of electricity, the LT 600 kV Rondônia - Araraquara 2, will be a milestone for the country, because the interconnect Wood Complex to SIN - National Interconnected System, and consequently more energy to sustain its economic growth. Require the companies involved, review the network of supply chain, restructuring themselves to meet the needs of materials, equipment and skilled manpower to maintain them. The proposal is to create one or more forward bases that meet the stretch of line between the states of Mato Grosso and Rondônia, allowing them to achieve high levels of service to low transportation costs. For this, we chose to optimization models, adopting the methods of location Gravitational and location of facilities-based capacity, which in turn, pointed Cuiabá, the city with the greatest potential to meet these logistical needs.

## 1. INTRODUÇÃO

A empresa envolvida no trabalho caracteriza-se por ser de capital voltada para economia mista e vinculada ao Ministério de Minas e Energia, como também uma empresa de geração e transmissão de energia. Possui um complexo de empreendimentos responsável por 10% da geração de energia elétrica do país, sendo que toda energia consumida no Brasil, 40% passam pelo seu Sistema. Atualmente, o Sistema (Figura 1) é composto de 15 usinas hidrelétricas, 2 termelétricas, 52 subestações e aproximadamente 20 mil km de linhas de transmissão configuradas em tensões de 138 a 750 kV, interligando oito estados e o Distrito Federal. Ela garante o fornecimento de energia em uma área onde estão situados 63% dos domicílios brasileiros, equivalente a 81% do PIB nacional.

O plano de expansão da empresa prevê a construção da usina hidroelétrica Santo Antonio, dentre outras, localizada em Porto Velho – RO e da linha de transmissão LT 600 kV Rondônia – Araraquara 2, que terá como principal função, a de transportar energia elétrica do norte, da subestação retificadora localizada no mesmo município, para outra, subestação conversora em Araraquara – SP, até o sudeste do país. A execução desse plano está a cargo do Consórcio vencedor, que foi lhe dado o direito de construção, operação e manutenção da do empreendimento, através do leilão realizado no dia 26 de agosto de 2008 pela ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. O objetivo é interligar esse grupo de usinas hidroelétricas, através da linha de transmissão de energia elétrica ao SIN - Sistema Interligado Nacional, e conseqüentemente, ofertar mais energia para sustentar o crescimento econômico do país.

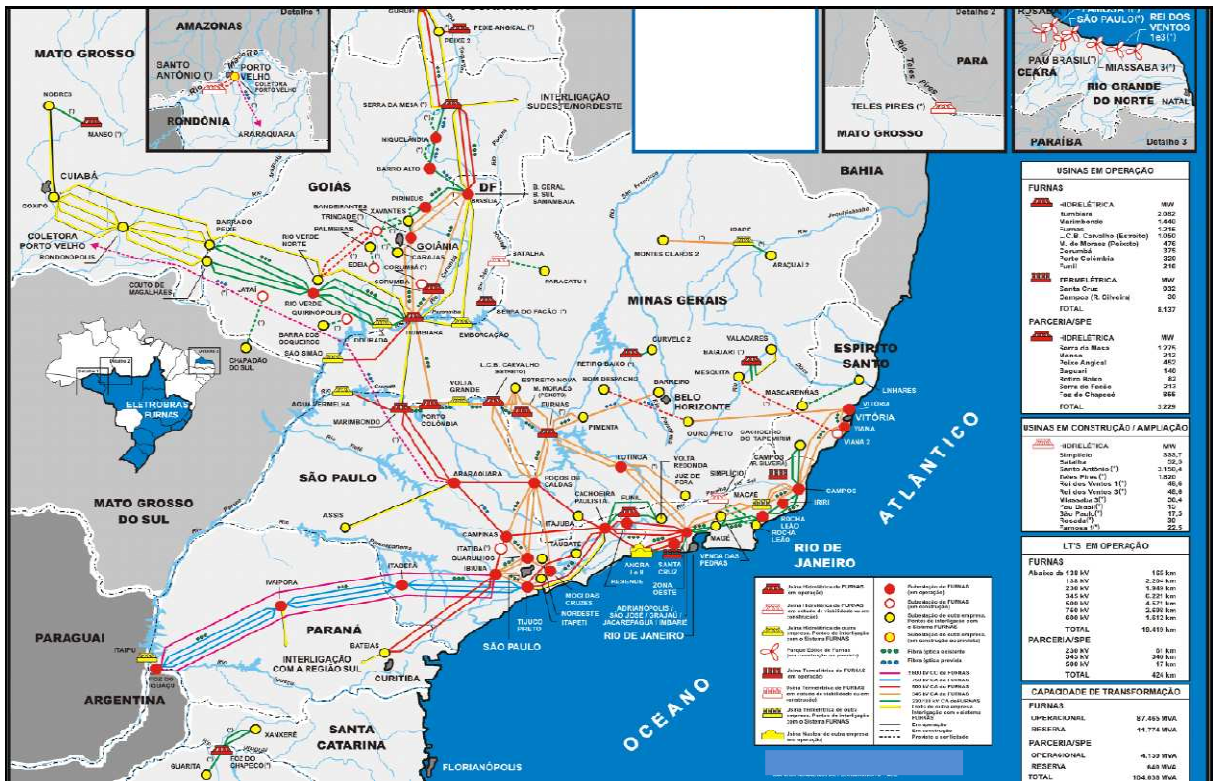


Figura 1: Sistema de Geração e Transmissão

Uma vez iniciada a operação comercial da LT 600 kV Rondônia – Araraquara 2, exigirá da empresa, rever seu papel de distribuição na rede da cadeia de suprimentos, bem como adotar medidas de desempenho que satisfaçam a Resolução Normativa da ANEEL Nº 270 de 26 de Junho de 2007, conhecida como Parcela Variável, visto que a sua principal premissa é estabelecer disposições relativas à qualidade do serviço público de transmissão de energia elétrica, associada à disponibilidade das instalações integrantes da Rede Básica.

## 2. OBJETIVOS

Definir a localização de base avançada, através de modelos de otimização, que permita atingir altos níveis de serviço a baixos custos logísticos, viabilizando o projeto de rede de suprimentos à manutenção da linha de transmissão, na região estudada.

Desenvolver estudo de caso, semelhante aos de implementação em atualidade na empresa (criação de novos centros de distribuição), com o propósito de disseminar conhecimento logístico, em específico, à introdução dos temas modelos de otimização e custos de transporte.

## 3. PROJETO DE REDES DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

O papel do projeto de rede de distribuição, segundo Chopra e Meindl (2010), é ressaltado por sua importância perante a lucratividade e ligação direta com a cadeia de suprimentos. Fazer um bom projeto e transformá-lo em uma satisfatória operação de distribuição rende altos níveis de serviço a baixos custos logísticos. De forma eficaz é possível conseguir atender o cliente, disponibilizando o material requisitado no prazo. Cabe, portanto, uma escolha apropriada e justificada, pois uma rede fraca compromete o nível de serviço na cadeia e impacta diretamente na receita da empresa, visto que os custos de atendimento aumentam com o retrabalho.

Outro ponto de vista, por parte de Ballou (2005), define a Gestão da Cadeia de Suprimentos como o conjunto de atividades funcionais, inter-relacionadas, sejam elas advindas ou não de setores distintos como Compras, Transportes, Produção e Finanças, ou outros. Essas atividades agregam valor ao cliente e os apresentam na forma de resultados, como saídas, outros em produtos acabados ou serviços, originados da conversão de matérias primas ou requisitos dos clientes, que são representados por entradas.

Por pressuposto, as decisões de projeto tendem a ser refeitas continuamente, tanto em momentos de crise do mercado, quanto de crescimento, pois a relação fornecedor – cliente é dinâmica e mutável. Oportunamente, elas são vistas de acordo com os papéis atribuídos às instalações, sobretudo nas definições de localização, alocação de capacidade, proximidades aos grandes centros ou mercados, estratégias de suprimentos, incentivos / decisões políticas e econômicas. A sinergia da cadeia é única, seu sucesso, portanto, se deve aos processos adotados, relacionamentos entre os pares, comprometimento, grau de importância dada a uma escolha e de políticas logísticas bem assertivas.

Entretanto, para se precaver diante de novos ou alterações de projetos de rede, dos quais afetam os custos logísticos, e por fim, a receita da empresa, adota-se o gerenciamento de projetos, que garante sua efetividade na implementação. É importante conhecer conceitos básicos, mas fundamentais, sobre a gestão e saber aplicá-los numa seqüência lógica de planejamento, desde a declaração do escopo, montagem da EAP – Estrutura Analítica de Projeto e lista de atividades, até a confecção e divulgação do cronograma e levantamento dos custos. Todos esses passos devem ser bem gerenciados, por profissional experiente e competente em gestão de projetos, que por maestria, conduz sua equipe, muitas delas, multifuncionais, a atingir resultados satisfatórios, sem muitas alterações, do escopo original do projeto. Isto é, realizar os custos de projeto conforme previstos.

À medida que o projeto adquire grande importância à organização, demais critérios são adotados e novas metodologias são oportunamente colocadas para embasar os resultados obtidos em simulados, a fim de auxiliar os profissionais em suas tomadas de decisões. Por isso, os modelos de otimização contribuíram em muito a definir as cidades potenciais sujeitas a receber a nova base avançada de suprimentos. O seu papel foi o de aplicar distintos cenários, simulados por critérios de alocação e de transportes, contudo minimizando os custos.

Certamente, Bonzato e Fonseca (2008) também reafirmam todos os predicados necessários na formação de uma boa rede, quando dão enfoque aos conceitos de armazenamento. Eles nos chamam a uma reflexão sobre as operações logísticas, demonstrando que para se obter eficácia no planejamento das operações, basta conhecer os processos de armazenagem e saber aplicá-los de forma que permitam transformar os armazéns em prestadores de serviços, ganhando portanto, sinergia entre as atividades inter-relacionadas, ou seja, melhores prazos, rotas mais eficientes e menos custosas, localizações mais adequadas, contratos mais equilibrados e melhores níveis de serviço em geral.

Por fim, nota-se que o assunto é de alta importância para a definição de redes logísticas, e por isso, ele é demasiadamente discutido pelos autores que os coloca de forma bem planejada, e uma vez dada sua devida atenção, o traduzem numa receita de sucesso para todas as operações da cadeia logística.

#### 4. MODELOS DE OTIMIZAÇÃO POR LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES E ALOCAÇÃO DE CAPACIDADE

Certo de que os modelos de otimização são usados como ferramentas gerenciais para tomadas de decisão na localização de instalações e alocação de capacidade, e por isso, fazem parte do estudo de rede, contribuindo para maximizar o lucro da cadeia de suprimentos. Embora o lucro seja perceptível, há a necessidade da própria cadeia encontrar-se comprometida, na prática, através do empenho de seus funcionários em detrimento das metas impostas pela empresa, normalmente em redução de custos sem perder a qualidade dos serviços prestados. Lembrando que, num modelo mais completo, o lucro também é afetado por impostos e tarifas.

Modelos de Localização de Fábrica com Base em Capacidade atendem a demanda, sem considerar os impostos e tarifas, a fim de maximizar o lucro. Todavia, ele pode ser modificado para considerá-los, e quando o fizer, parte da demanda de determinado mercado ou instalação pode diminuir. Sua função, do tipo progressão linear inteira, está descrita abaixo:

$$\text{Min} \quad \sum_{i=1}^n f_i y_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Sujeito a

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = K_i y_i \text{ para } i = 1, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq D_j \text{ para } j = 1, \dots, m \quad (3)$$

$$y_i \in \{0,1\} \text{ para } i = 1, \dots, n, x_{ij} \geq 0 \quad (4)$$

em que  $n$ : número de locais / capacidade da fábrica em potencial;  
 $m$ : número de mercados ou pontos de demanda;  
 $D_j$ : demanda atual do mercado  $j$ ;  
 $K_i$ : capacidade potencial da fábrica  $i$ ;  
 $f_i$ : custo fixo anual de manter a fábrica  $i$  aberta;  
 $c_{ij}$ : custo de produzir e enviar uma unidade da fábrica  $i$  ao mercado  $j$ .  
 $y_i$ : 1 se a fábrica  $i$  for aberta, 0 em caso contrário;  
 $x_{ij}$ : quantidade enviada da fábrica  $i$  para o mercado  $j$ .

A função objetivo (1) busca o custo mínimo total de estabelecimento e operacional da cadeia de suprimentos, sujeita as restrições: (2) satisfazer a demanda de cada mercado regional; (3) sem ultrapassar o fornecimento de acordo com a capacidade de cada fábrica; à restrição (4) condiciona se cada fábrica permanecerá fechada ou aberta. Como resultado, a função matemática indica quais fábricas devem ficar abertas e suas respectivas capacidades e alocação da demanda.

Por Fonte Única, a rede coordena os processos de forma mais direcionada e menos flexível no quesito abastecimento, visto que contempla uma única fábrica. Tanto sua função objetivo

quanto suas restrições são ligeiramente alteradas em relação ao modelo original, alinhando o abastecimento à lógica da fórmula.

Modelos Gravitacionais de Localização determinam os custos de transporte (TC) da rede, dos quais são proporcionais aos volumes transportados. Definido os pontos da fonte e da localização da nova instalação, simultaneamente a equação (5) calcula a distância  $d_n$  entre eles. Ela representa o menor custo de transporte com a melhor localização geográfica encontrada, levando em conta o custo de embarque por quilômetro rodado e o volume transportado.

$$d_n = \sqrt{(x - x_n)^2 + (y - y_n)^2} \quad (5)$$

$$TC = \sum_{n=1}^k d_n D_n F_n \quad (6)$$

TC: Custo total de transporte;

$x_n, y_n$ : coordenadas de localização de um mercado ou fonte de suprimentos  $n$ ;

$F_n$ : custo de embarque de uma unidade por Km da instalação ao mercado ou fonte;

$D_n$ : quantidade enviada entre a instalação e o mercado ou a fonte.

A Alocação de Capacidade descrita por Sunil e Meindl (2010) e traduzida pela fórmula matemática (7): “O objetivo é alocar a demanda de diferentes mercados às várias fábricas para minimizar o custo total de instalações, transporte e estoque”. A restrição (8) entende que a demanda do mercado é atendida. Para a capacidade, da restrição (9), a produção é equivalente a sua capacidade máxima em cada fábrica.

$$\text{Min} \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \quad (7)$$

Sujeito a

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = D_j \text{ para } i = 1, \dots, m \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq k_i \text{ para } i = 1, \dots, m \quad (9)$$

$n$ : número de locais de fabricação;

$m$ : número de mercados ou pontos de demanda;

$D_j$ : demanda anual do mercado  $j$ ;

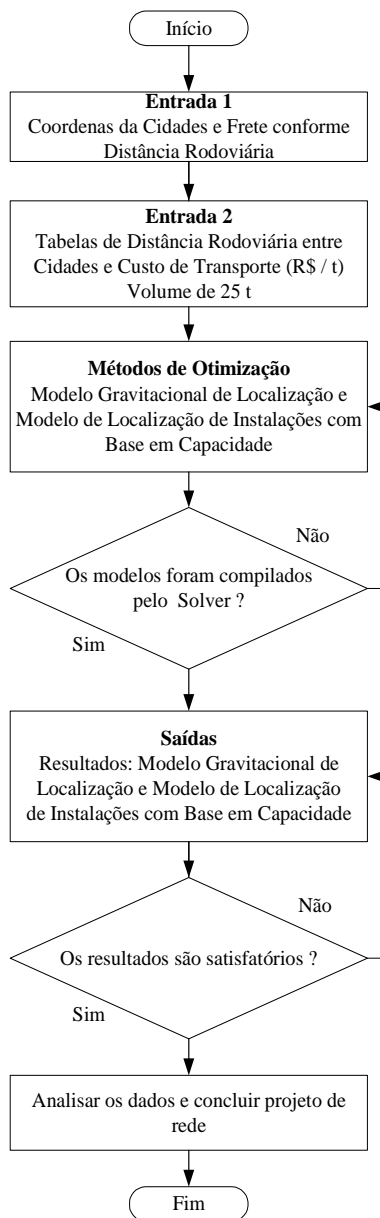
$K_i$ : capacidade da fábrica  $i$ ;

$c_{ij}$ : custo de produzir e enviar uma unidade da fábrica  $i$  ao mercado  $j$ ;

$x_{ij}$ : quantidade embarcada da fábrica  $i$  ao mercado  $j$ .

## 5. MÉTODO APLICADO AO PROJETO DE REDE

O método aplicado no projeto de redes é representado por fluxograma (Fluxograma 1), simplificado, permitindo visualizar os primeiros passos de construção do problema. Seu desenvolvimento inicia-se por dados de entrada que permitirão a modelagem dos modelos de otimização, e, por conseguinte, a análise de seus resultados para definir uma conclusão plausível do modelo proposto.

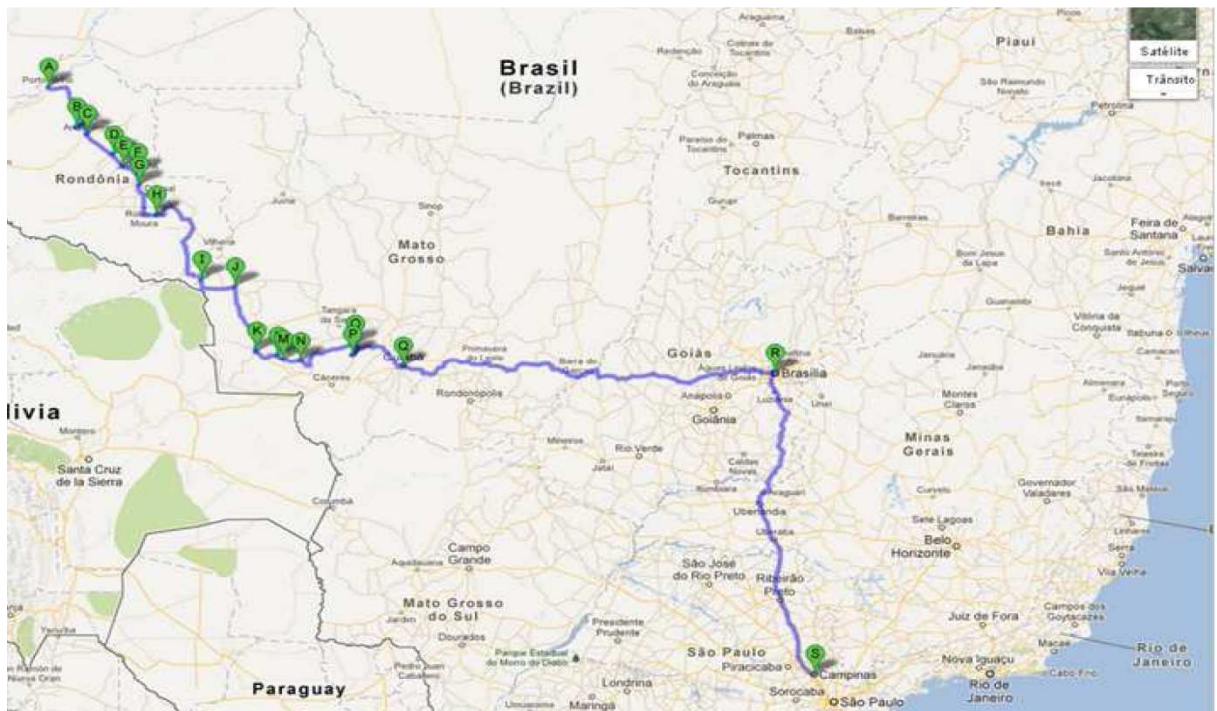


**Fluxograma 1:** Fluxograma Simplificado

Iniciou-se, portanto, pelo levantamento de dados da linha de transmissão, pautada na documentação técnica da empresa, permitindo identificar as cidades próximas à região estudada, e, traçá-las em coordenadas geográficas num mapa para melhor visualização de suas localizações (Tabela 1 e Figura 2).

**Tabela (1): Coordenada Geográfica**

Legenda	Cidades	Latitude (S)	Longitude (W)	Latitude (S)	Longitude (W)
A	Porto Velho	08° 45' 43"	63° 54' 14"	8°	63°
B	Alto Paraíso	09° 42' 47"	63° 19' 15"	9°	63°
C	Ariquemes	09° 54' 48"	63° 02' 27"	9°	63°
D	Jaru	10° 26' 20"	62° 27' 59"	10°	62°
E	Ouro Preto do Oeste	10° 44' 53"	62° 12' 57"	10°	62°
F	Ji Paraná	10° 53' 07"	61° 57' 06"	10°	61°
G	Presidente Médici	11° 10' 31"	61° 54' 05"	11°	61°
H	São Felipe D'Oeste	11° 54' 09"	61° 30' 08"	11°	61°
I	Cabixi	13° 29' 52"	60° 33' 15"	13°	60°
J	Comodoro	13° 39' 47"	59° 47' 09"	13°	59°
K	Pontes e Lacerda	15° 13' 34"	59° 20' 07"	15°	59°
L	Jauru	15° 20' 31"	58° 51' 59"	15°	58°
M	Figueirópolis D'Oeste	15° 26' 42"	58° 44' 25"	15°	58°
N	Araputanga	15° 28' 16"	58° 21' 11"	15°	58°
O	Barra do Bugres	15° 04' 21"	57° 10' 52"	15°	57°
P	Porto Estrela	15° 19' 28"	57° 13' 39"	15°	57°
Q	Cuiabá	15° 35' 46"	56° 05' 48"	15°	56°
R	Brasília	15° 46' 47"	47° 55' 47"	15°	47°
S	Campinas	22° 54' 20"	47° 03' 39"	22°	47°



**Figura (2): Localização Geográfica (Fonte: Google Maps, 2013)**

A tabela de frete (Tabela 2) é apenas uma referência do custo de transporte, em função da distância, cobrada no território nacional.

**Tabela (2): Frete**

Distância (km)	(R\$/t)
0 - 50	46,66
50 - 400	89,24
400 - 800	140,01
800 - 2400	330,8
2.400 - 6.000	750,86



Os dados coletados foram adaptados a uma nova formatação em tabela, de dados de Entrada 1 para Entrada 2, permitindo extrair informações importantes às aplicações dos modelos propostos, salvo o volume de carga em 25 toneladas já definida em projeto. As tabelas compiladas são as de Distância Rodoviária entre Cidades (Tabela 3) e Custos de Transporte (Tabela 4).

**Tabela (3): Distâncias Rodoviárias entre Cidades (Km)**

	Porto Velho	Alto Paraíso	Ariquemes	Jaru	Ouro Preto do Oeste	Ji Paraná	Presidente Médici	São Felipe D'Oeste	Cabixi	Comodoro	Pontes e Lacerda	Jauru	Figueirópolis D'Oeste	Araputanga	Barra do Bugres	Porto Estrela	Cuiabá	Brasília	Campinas
Porto Velho	0	197	202	291	332	374	408	531	796	819	1013	1060	1079	1123	1256	1286	1463	2494	2901
Alto Paraíso	197	0	5	94	135	177	211	334	599	622	816	863	882	926	1059	1089	1266	2297	2704
Ariquemes	202	5	0	89	130	172	206	329	594	617	811	858	877	921	1054	1084	1261	2292	2699
Jaru	291	94	89	0	41	83	117	240	505	528	722	769	788	832	965	995	1172	2203	2610
Ouro Preto do Oeste	332	135	130	41	0	42	76	199	464	487	681	728	747	791	924	954	1131	2162	2569
Ji Paraná	374	177	172	83	42	0	34	157	422	445	639	686	705	749	882	912	1089	2120	2527
Presidente Médici	408	211	206	117	76	34	0	123	388	411	605	652	671	715	848	878	1055	2086	2493
São Felipe D'Oeste	531	334	329	240	199	157	123	0	265	288	482	529	548	592	725	755	932	1963	2370
Cabixi	796	599	594	505	464	422	388	265	0	23	217	264	283	327	460	490	667	1698	2105
Comodoro	819	622	617	528	487	445	411	288	23	0	194	241	260	304	437	467	644	1675	2082
Pontes e Lacerda	1013	816	811	722	681	639	605	482	217	194	0	47	66	110	243	273	450	1481	1888
Jauru	1060	863	858	769	728	686	652	529	264	241	47	0	19	63	196	226	403	1434	1841
Figueirópolis D'Oeste	1079	882	877	788	747	705	671	548	283	260	66	19	0	44	177	207	384	1415	1822
Araputanga	1123	926	921	832	791	749	715	592	327	304	110	63	44	0	133	163	340	1371	1778
Barra do Bugres	1256	1059	1054	965	924	882	848	725	460	437	243	196	177	133	0	30	207	1238	1645
Porto Estrela	1286	1089	1084	995	954	912	878	755	490	467	273	226	207	163	30	0	177	1208	1615
Cuiabá	1463	1266	1261	1172	1131	1089	1055	932	667	644	450	403	384	340	207	177	0	1031	1438
Brasília	2494	2297	2292	2203	2162	2120	2086	1963	1698	1675	1481	1434	1415	1371	1238	1208	1031	0	407
Campinas	2901	2704	2699	2610	2569	2527	2493	2370	2105	2082	1888	1841	1822	1778	1645	1615	1438	407	0

**Tabela (4): Custo de Transporte (R\$/ t)**

	Porto Velho	Alto Paraíso	Ariquemes	Jaru	Ouro Preto do Oeste	Ji Paraná	Presidente Médici	São Felipe D'Oeste	Cabixi	Comodoro	Pontes e Lacerda	Jauru	Figueirópolis D'Oeste	Araputanga	Barra do Bugres	Porto Estrela	Cuiabá	Brasília	Campinas
Porto Velho	0	197	202	291	332	374	408	531	796	819	1013	1060	1079	1123	1256	1286	1463	2494	2901
Alto Paraíso	197	0	5	94	135	177	211	334	599	622	816	863	882	926	1059	1089	1266	2297	2704
Ariquemes	202	5	0	89	130	172	206	329	594	617	811	858	877	921	1054	1084	1261	2292	2699
Jaru	291	94	89	0	41	83	117	240	505	528	722	769	788	832	965	995	1172	2203	2610
Ouro Preto do Oeste	332	135	130	41	0	42	76	199	464	487	681	728	747	791	924	954	1131	2162	2569
Ji Paraná	374	177	172	83	42	0	34	157	422	445	639	686	705	749	882	912	1089	2120	2527
Presidente Médici	408	211	206	117	76	34	0	123	388	411	605	652	671	715	848	878	1055	2086	2493
São Felipe D'Oeste	531	334	329	240	199	157	123	0	265	288	482	529	548	592	725	755	932	1963	2370
Cabixi	796	599	594	505	464	422	388	265	0	23	217	264	283	327	460	490	667	1698	2105
Comodoro	819	622	617	528	487	445	411	288	23	0	194	241	260	304	437	467	644	1675	2082
Pontes e Lacerda	1013	816	811	722	681	639	605	482	217	194	0	47	66	110	243	273	450	1481	1888
Jauru	1060	863	858	769	728	686	652	529	264	241	47	0	19	63	196	226	403	1434	1841
Figueirópolis D'Oeste	1079	882	877	788	747	705	671	548	283	260	66	19	0	44	177	207	384	1415	1822
Araputanga	1123	926	921	832	791	749	715	592	327	304	110	63	44	0	133	163	340	1371	1778
Barra do Bugres	1256	1059	1054	965	924	882	848	725	460	437	243	196	177	133	0	30	207	1238	1645
Porto Estrela	1286	1089	1084	995	954	912	878	755	490	467	273	226	207	163	30	0	177	1208	1615
Cuiabá	1463	1266	1261	1172	1131	1089	1055	932	667	644	450	403	384	340	207	177	0	1031	1438
Brasília	2494	2297	2292	2203	2162	2120	2086	1963	1698	1675	1481	1434	1415	1371	1238	1208	1031	0	407
Campinas	2901	2704	2699	2610	2569	2527	2493	2370	2105	2082	1888	1841	1822	1778	1645	1615	1438	407	0

## 6. MODELOS PROPOSTOS

Os modelos de otimização propostos foram calculados no Excel, pela ferramenta Solver, própria para modelagem de cenários logísticos. Ela atende às expectativas das funções objetivo e de suas restrições, sem a necessidade de grandes recursos financeiros aplicados na solução do problema. Logo abaixo está à tabela (5), o Modelo Gravitacional de Localização, e à tabela (6), o Modelo de Localização de Instalações com Base em Capacidade.

**Tabela (5):** Modelo Gravitacional de Localização

FONTE	MERCADOS						CUIABÁ						
	Latitude (S)	Longitude (W)	Fn (R\$)	Dn	Xn	Yn	Latitude (S)	Longitude (W)	Fn (R\$)	Dn	Xn	Yn	
Porto Velho	8	63	0	25	8	64	Cuiabá	15	56	0	25	15	56
Alto Paraiso	9	63	89,24	25	9	64	Porto Velho	8	63	330,80	25	8	63
Arquimedes	9	63	89,24	25	9	64	Alto Paraiso	9	63	330,80	25	9	63
Jaru	10	62	89,24	25	10	63	Arquimedes	9	63	330,80	25	9	63
Ouro Preto do Oeste	10	62	89,24	25	10	63	Jaru	10	62	330,80	25	10	62
Ji Paraná	10	61	89,24	25	10	62	Ouro Preto do Oeste	10	62	330,80	25	10	62
Presidente Médici	11	61	140,01	25	11	62	Ji Paraná	10	61	330,80	25	10	61
São Felipe D'Oeste	11	61	140,01	25	11	62	Presidente Médici	11	61	330,80	25	11	61
Cabixi	13	60	140,01	25	13	61	São Felipe D'Oeste	11	61	330,80	25	11	61
Comodoro	13	59	330,80	25	13	60	Cabixi	13	60	140,01	25	13	60
Pontes e Lacerda	15	59	330,80	25	15	61	Comodoro	13	59	140,01	25	13	59
Jauru	15	58	330,80	25	15	60	Pontes e Lacerda	15	59	140,01	25	15	59
Figuerópolis D'Oeste	15	58	330,80	25	15	60	Jauru	15	58	140,01	25	15	58
Araputanga	15	58	330,80	25	15	59	Figuerópolis D'Oeste	15	58	89,24	25	15	58
Barra dos Bugres	15	57	330,80	25	15	59	Araputanga	15	58	89,24	25	15	58
Porto Estrela	15	57	330,80	25	15	59	Barra dos Bugres	15	57	89,24	25	15	57
Cuiabá	15	56	330,80	25	15	58	Porto Estrela	15	57	89,24	25	15	57

Cidade	Latitude (S)	Longitude (W)	Custo (R\$)
Araputanga	15	58	181.174,38
Jaru	10	62	202.232,44
Ouro Preto do Oeste	10	62	

**Tabela (6): Modelo de Localização de Instalações com Base em Capacidade**

Região de Fomento	Porto Velho	Alto Paraíso	Arquimedes	Jaru	Ouro Preto do Oeste	Ji Parana	Presidente Médici	São Felipe D'Oeste	Cabixi	Comodoro	Ouro Preto do Oeste	Jaru	Figuerópolis D'Oeste	Araputanga	Barra dos Bugres	Porto Estrela	Cuiabá	Custo Fixo (R\$)	Baixa Capacidade	Custo Fixo (R\$)	Alta Capacidade	
Jaru	89,24	89,24	89,24	0,00	46,66	89,24	89,24	89,24	140,01	140,01	140,01	140,01	140,01	330,80	330,80	330,80	330,80	330,80	100	5.000,00	100	10.000,00
Ouro Preto do Oeste	89,24	89,24	89,24	46,66	0,00	89,24	89,24	89,24	140,01	140,01	140,01	140,01	140,01	140,01	330,80	330,80	330,80	330,80	100	5.000,00	100	10.000,00
Araputanga	330,80	330,80	330,80	330,80	140,01	140,01	140,01	140,01	89,24	89,24	89,24	89,24	46,66	0,00	89,24	89,24	89,24	5.000,00	100	5.000,00	100	10.000,00
Demanda	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
<b>Região da Demanda / Alocação de Materiais</b>																						
Jaru	25	25	25	25	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Ouro Preto do Oeste	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Araputanga	0	0	0	0	25	0	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	1	25	1	1
<b>Fábrica fechada(0) ou aberta (1)</b>																						
<b>Restrições</b>																						
<b>Excesso de Capacidade</b>																						
Jaru	0																					
Ouro Preto do Oeste	0																					
Araputanga	0																					
Demanda não alocada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Função Objetivo</b>																						
<b>Custo (R\$)</b>																					<b>56.208 ,25</b>	

## 7. RESULTADOS

O Modelo de Localização Gravitacional considerou todas as cidades ao longo do trecho estudado, ora como fontes, ora como mercados. Calculou o custo de transporte (TC) a partir da distância entre a fonte e os mercados, tanto dos extremos para o centro e vice-versa, considerando o mesmo volume transportado, de vinte e cinco (25) toneladas.

Embora Brasília e Campinas estivessem distantes dessa região, num primeiro instante, elas foram definidas como fontes, pois o projeto atual de rede da empresa as identifica como almoxarifado satélite e centro de distribuição respectivamente. O projeto proposto não altera essa condição, todavia apresenta alternativas de base avançada para diminuir os custos de transporte, fruto de um deslocamento regional face à necessidade de atendimento à manutenção da linha de transmissão.

A tabela (7), Resultado dos Custos de Transporte (TC) do Modelo de Localização Gravitacional, representa a classificação de seus resultados simulados pela ferramenta Solver, na ordem de menor para maior custo de transporte (TC), considerando as fontes e os mercados para a localização de nova instalação. Os menores custos de transporte (TC) variam de R\$ 181.174,38 à R\$ 202.232,44, selecionando as cidades Araputanga, Jaru e Ouro Preto do Oeste para o próximo modelo de otimização, que é o Modelo Localização de Instalações com Base em Capacidade.

**Tabela (7):** Resultado dos Custos de Transporte (TC) do Modelo de Localização Gravitacional

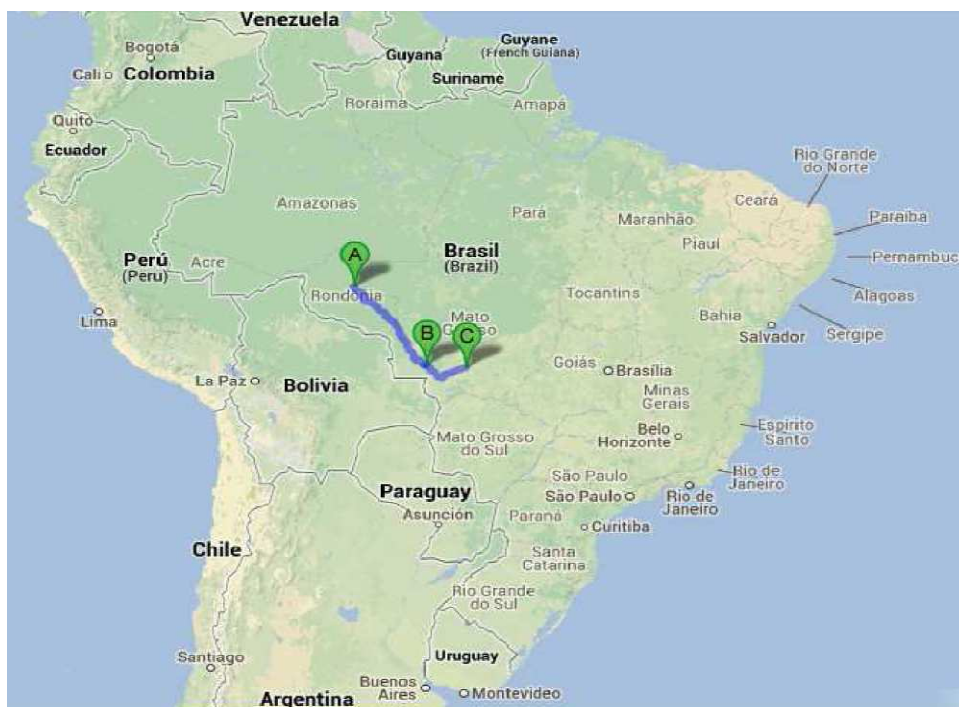
Fontes	Localização da Nova Instalação	Custo de Transporte (TC)
Porto Velho - RO	Araputanga - MT	R\$ 181.174,38
Cuiabá - MT	Jaru - RO	R\$ 202.232,44
	Ouro Preto do Oeste - RO	
Campinas - SP	Sinop - MT	R\$ 786.103,67
Brasília - DF	Sinop - MT	R\$ 960.775,20
Jaru - RO	Barra do Bugres - MT	R\$ 18.704.582,32
Pontes e Lacerda - MT	Porto Estrela - MT	
Brasília - DF	Ji Parana - RO	R\$ 307.356.632,81
Campinas - SP		

O Modelo Localização de Instalações com Base em Capacidade calculou o custo de alocação no valor de R\$ 56.208,25, que é o mesmo para Araputanga, Jaru e Ouro Preto do Oeste. No entanto, seu maior diferencial é o de apontar, dentre elas, quais devem permanecer abertas ou fechadas, na condição de alta ou baixa capacidade de instalação. Uma vez realizado tal tarefa, acharemos a cidade que atende as melhores condições de localização e capacidade de instalação do projeto de rede proposto.

**Interpretação do resultado final (Figura 3):** Para a cidade **Ouro Preto do Oeste (A)** não existe recomendações de abertura de instalação, tanto na baixa quanto na alta capacidade. Já em **Jaru (A)**, recomenda-se a sua abertura somente em uma (01) condição, a de baixa capacidade. E a cidade de **Araputanga (B)** atende as condições de abertura de instalação na baixa e alta capacidade, e, portanto, ela é a cidade modelo indicada nas simulações.

Entretanto, baseado na experiência da empresa, ao qual argumenta que **Cuiabá (C)** é a cidade definitivamente melhor localizada, visto que, embora ela esteja a 340 Km de Araputanga, seu custo de transporte (TC) é similar, e por ser capital, possui recursos importantes e indispensáveis, como mão de obra especializada (engenheiros e técnicos de manutenção,

administradores e operadores logísticos) equipamentos (caminhões, empilhadeiras, guindastes), materiais de fácil acesso e além de possuir uma base, caso contrário à cidade de Araputanga, que é uma cidade do interior com poucos recursos. Portanto, Cuiabá é definitivamente a cidade escolhida como base avançada para a nova configuração da rede do projeto logístico da empresa.



**Figura (3):** Localização Geográfica das Cidades Potenciais (Fonte: Google Maps, 2013)

## 8. CONCLUSÃO

O projeto de localização e alocação de instalações proposto por modelos de otimização auxilia na gestão de tomada de decisão de acordo com a definição de centros de distribuição com menores custos em transportes, no entanto não o exime do cálculo de outros custos logísticos. Contribuiu para a escolha da base avançada, que permitirá à empresa, num futuro próximo, realizar manutenções da LT 600 kV Rondônia – Araraquara 2 a um preço competitivo de mercado.

Este trabalho representa o início de um legado, o de criar uma cultura aos estudos logísticos com ênfase aos interesses do setor elétrico. A partir dele, cabem aos seus profissionais, a discussão e o aperfeiçoamento das técnicas, aqui apresentadas, para perpetuação e disseminação do conhecimento logístico na empresa.

## Agradecimentos

O autor agradece, com carinho, a sua esposa Márcia dos Santos Moraes e seu filho Gabriel dos Santos Moraes, pelo apoio e compreensão por sua ausência para se dedicar aos estudos desse projeto. Aos seus pais, Vilma Boscolo Moraes e Osvaldo Moraes, por acreditarem e investirem na sua formação escolar. À Empresa, em especial, aos gerentes de Departamento Sérgio Vargas da Silva e Francisco Eugenio de Aguiar Cavalcante, aos gerentes de Divisão Carlos Eduardo Rodrigues Teixeira e Eric Rubens Zanetti, e colegas de trabalho, pelo patrocínio e apoio ao curso, permitindo o aperfeiçoamento de suas funções na empresa. Ao seu orientador Sérgio Adriano Loureiro e à Unicamp, pelo fomento à pesquisa, comprometimento e respeito ao ensino brasileiro.

## **9. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

- Ana Cristina de Faria e Maria de Fátima Gameiro da Costa (2011), *Gestão de Custos Logísticos*. Editora Atlas, São Paulo, SP.
- ANEEL (2007), *Resolução Normativa N° 270 de 26 de Junho de 2007*. Agência Nacional de Energia Elétrica, Brasília, DF.
- Augusta Soares Machado e Walter Gassenferth (2008), *Métodos Quantitativos com Excel*. Editora Cenage Learnig Edições Ltda., São Paulo, SP.
- Eduardo Bonzato e Luiz Roberto Palma da Fonseca (2008), *Projeto de Armazéns*. Instituto IMAM, São Paulo, SP.
- José Vicente Caixeta-Filho e Ricardo Silveira Martins (2012), *Gestão Logística do Transporte de Carga*. Editora Atlas, São Paulo, SP.
- Paulo Roberto Ambrosio Rodrigues (2011), *Gestão Estratégica da Armazenagem*. Editora Aduaneiras, São Paulo, SP.
- Project Management Institute (2008), *Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos*. Editora Saraiva, São Paulo, SP.
- Ronald H. Ballou (2010), *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos / Logística Empresarial*. Editora Bookman, Porto Alegre, RS.
- Sunil Chopra e Peter Neidl, *Gestão da Cadeia de Suprimentos (2011)*. Editora Person Education, São Paulo, SP.
- Valéria Zuma Medeiros, André Machado Caldeira, Giovanna Lamastra Pacheco, Maria Henrique Luiz Corrêa (2010), *Gestão de Redes de Suprimento*. Editora Atlas, São Paulo, SP.