

6

Estudo de caso e resultados

Com o intuito de avaliar a aderência do presente estudo à realidade, aplicou-se a um caso real, a metodologia para a alocação inteligente de quadros de distribuição definida no capítulo anterior. Em seguida, os resultados obtidos foram comparados com o posicionamento dos quadros de distribuição previstos no projeto básico do caso real e foram avaliadas as diferenças.

6.1.

Dados do caso estudado

Os dados reais utilizados foram obtidos de uma indústria mecânica com atuação na área aeroespacial e de defesa, estabelecida na região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro que recentemente inaugurou uma nova linha de montagem em sua planta industrial. Os dados pertencem justamente ao projeto de distribuição elétrica dessa nova linha de montagem que hoje já se encontra em operação.

A comparação dos resultados será feita em relação ao projeto básico que essa indústria possuía para a nova linha de montagem, onde já estavam definidas posições para os novos quadros de distribuição, assim como sua composição de circuitos.

Nas tabelas a seguir são apresentados os dados detalhados da instalação que foram usados para obtenção dos resultados.

Projeto Básico			
Quadros de Distribuição	Eixo X (metros)	Eixo Y (metros)	\$
QD A	8	30	16.136
QD B	1	18	1.412
QD C	1	16	7.513
QD D	39	8	1.164
QD E	1	14	10.479
Subestação	1	2	-
\$ Total			36.704

Tabela 1 - Dados do projeto básico.

Alimentadores Gerais			
Quadros de Distribuição	Bitola (mm²)	\$ / metro	Tipo
QD A	185	253,92	tripolar
QD B	16	22,04	tripolar
QD C	185	253,92	tripolar
QD D	16	22,04	tripolar
QD E	240	334,64	tripolar

Tabela 2 - Dados dos alimentadores gerais

Alimentadores de Cargas				
Quadros de Distribuição	Bitola (mm ²)	\$ / metro	Número de circuitos	Tipo
QD A	2,5	1,60	4	monopolar
	2,5	2,40	6	bipolar
	4	2,76	2	monopolar
	4	4,14	6	bipolar
	6	4,06	2	monopolar
	6	6,09	14	bipolar
	6	8,12	2	tripolar
	10	7,02	7	monopolar
	10	10,53	9	bipolar
	10	14,04	1	tripolar
QD B	2,5	1,60	7	monopolar
	4	2,76	4	monopolar
	4	4,14	2	bipolar
QD C	6	6,09	4	bipolar
	6	8,12	13	tripolar
QD D	2,5	1,60	2	monopolar
	4	2,76	4	monopolar
	4	4,14	1	bipolar
QD E	4	5,52	1	tripolar
	25	34,16	3	tripolar
	35	47,24	2	tripolar
	50	68,52	1	tripolar
Total de circuitos			97	

Tabela 3 - Dados dos alimentadores de carga.

Os dados apresentados na tabela 1 são os dados reais definidos pelo projeto básico da instalação elétrica da nova linha de montagem mencionada. Nota-se que se trata de uma área com 5 quadros de distribuição alimentados por uma subestação.

Nas colunas “Eixo X” e “Eixo Y” são apresentadas as coordenadas geográficas de cada quadro de distribuição e da subestação. Essa disposição espacial determinada pelo projeto básico poderá ser vista mais a frente na figura 10.

Na coluna “\$” está indicado o custo dos alimentadores gerais somados ao custo dos alimentadores de carga associados a cada quadro de distribuição. Esses valores foram alcançados a partir das equações (3), (4), (5) apresentadas no capítulo 4 e dos dados constantes das tabelas 2 e 3.

Nas tabelas 2 e 3 estão apresentadas as características de cada tipo de circuito presente nos quadros de distribuição: alimentadores gerais e alimentadores de cargas. O custo por metro associado a cada tipo de circuito está referenciado a uma lista de preços de cabos cotada no mercado brasileiro ao longo do primeiro semestre de 2014. Nota-se que os preços de cada alimentador se diferenciam não só por sua bitola, mas também pelo número de vias associadas, diferenciando circuitos mono, bi e tripolares.

Essa forma de apresentação reduzida onde não aparecem todos os circuitos envolvidos e tampouco as coordenadas das cargas atendidas visa apenas resumir a informação para facilitar o entendimento, pois, tanto para os alimentadores gerais como para os alimentadores de carga, o cálculo do custo do circuito por metro foi feito circuito a circuito e não através de um custo médio por quadro nem por tipo de circuito.

Essa medida, além de correta do ponto de vista teórico, permite que sejam estudadas variações na composição dos quadros com a retirada e inserção de qualquer circuito em qualquer quadro de distribuição para avaliação do efeito sobre o custo.

O campo “\$ Total” da tabela 1 indica a soma dos custos de cada quadro e representa o custo total com cabos para a disposição espacial definida. Esse custo total será comparado com o custo total da disposição espacial definida após a alocação inteligente dos quadros de distribuição.

A posição da subestação é fundamental para os cálculos acima e por isso suas coordenadas aparecem na tabela 1, entretanto não se considera custo associado a ela uma vez que o custo dos alimentadores gerais já está associado ao custo de cada quadro de distribuição. Além disso, nesse trabalho não foi avaliado o impacto dos cabos de média tensão que alimentam a subestação pelos motivos explicados no capítulo 3, item 3.1.1.

6.1.1.

Considerações sobre as cargas

Outro aspecto relevante a ser explicado é que foi atribuído a cada circuito alimentador de carga uma coordenada fixa e única para suas cargas e isso é uma aproximação da realidade que insere um erro nos resultados.

O fato de utilizar uma coordenada fixa elimina a possibilidade de cargas portáteis na instalação o que não chega a ser um erro grave visto que não são comuns cargas na indústria com essas características. Exemplos de cargas

portáteis podem ser equipamentos de teste ou equipamentos de solda para atividades singulares, fora da linha de montagem, como por exemplo, a soldadura de peças de grande porte.

Nota-se que essa deficiência só se verifica naquelas cargas que podem ser conectadas em pontos diferentes da instalação elétrica. Cargas móveis como pontes rolantes, guindastes e outras cargas que, apesar de se movimentarem, estão sempre ligadas ao mesmo ponto elétrico através de um “chicote” são corretamente consideradas por esse método.

Já o fato de utilizar uma coordenada única para cada carga insere um erro no método proposto por esse trabalho que atinge todos os circuitos com cargas distribuídas por áreas extensas, por exemplo: circuitos de iluminação e tomadas. Nesse trabalho foi utilizada uma distância média das cargas até o quadro de distribuição, mas essa medida não elimina o erro associado a essa aproximação. Quanto mais específicos forem os alimentadores de carga menor será esse erro e melhores serão os resultados do método proposto.

6.1.2.

Considerações sobre as restrições ao posicionamento

A restrição definida pelo usuário foi a de que os quadros de distribuição deveriam ficar próximos às paredes que delimitavam o perímetro da planta, para que não houvesse qualquer prejuízo ao uso da área central da planta que seria destinado à montagem de equipamentos. Foi considerado um afastamento máximo de 2 metros de cada parede.

Dados Básicos		
	Eixo X (metros)	Eixo Y (metros)
Dimensões máximas	40	50
Afastamento das paredes	2	2

Tabela 4 - Dimensões principais da planta.

Restrições				
Quadros de Distribuição	Eixo X (metros)		Eixo Y (metros)	
	<	>	<	>
QD A	2	38	2	48
QD B	2	38	2	48
QD C	2	38	2	48
QD D	2	38	2	48
QD E	2	38	2	48
Subestação	2	38	2	-

Tabela 5 – Restrições de afastamento do perímetro.

Outra restrição adotada foi a de que a posição da subestação que alimenta a planta só poderia variar ao longo de uma das paredes da planta visto que os alimentadores em alta tensão não poderiam ser realocados livremente pela indústria por questões de segurança.

6.2.

Resultados

Foram feitos 4 experimentos, cada um deles realizado com 20 amostras de otimização, neles foram variados o tamanho da população de 100 para 500 indivíduos e o número de tentativas de 1000 para 2000. Os valores iniciais usados nas otimizações foram gerados aleatoriamente através do *solver* de restrições do aplicativo Evolver 6.2.1, mas que ao mesmo tempo, atendessem as restrições definidas no modelo. As tabelas a seguir apresentam os resultados obtidos e destacam as melhores amostras.

Experimento 1		
	Tentativas	Tamanho da População
	2000	100
	Valor Otimizado	Tempo de Otimização
1	20.029	0:05:41
2	21.987	0:02:26
3	23.504	0:04:54
4	21.400	0:06:41
5	25.634	0:05:42
6	19.854	0:08:42
7	21.477	0:03:24
8	20.731	0:06:32
9	21.902	0:04:20
10	20.096	0:06:10
11	23.336	0:06:45
12	20.723	0:07:52
13	21.638	0:10:54
14	21.774	0:05:53
15	25.012	0:03:07
16	21.747	0:04:52
17	20.299	0:04:19
18	25.607	0:03:29
19	20.320	0:08:46
20	22.979	0:05:59
Desvio Padrão	1764	
Média	22.003	0:05:49

Tabela 6 - Resultados do experimento 1.

Experimento 2		
	Tentativas	Tamanho da População
	1000	100
	Valor Otimizado	Tempo de Otimização
1	42.263	0:01:45
2	21.285	0:02:35
3	30.159	0:02:20
4	28.160	0:01:56
5	21.300	0:05:00
6	23.544	0:03:09
7	22.237	0:02:36
8	29.375	0:02:45
9	28.307	0:01:39
10	23.622	0:04:09
11	24.791	0:03:37
12	19.869	0:02:14
13	23.352	0:02:53
14	23.129	0:05:03
15	23.174	0:01:53
16	25.403	0:02:46
17	23.726	0:03:37
18	23.249	0:04:12
19	21.395	0:05:25
20	27.779	0:01:45
Desvio Padrão	4814	
Média	25.306	0:03:04

Tabela 7 - Resultados do experimento 2.

Experimento 3		
	Tentativas	Tamanho da População
	2000	500
	Valor Otimizado	Tempo de Otimização
1	21.624	0:08:35
2	51.505	0:01:38
3	21.406	0:06:44
4	50.481	0:01:31
5	21.872	0:10:22
6	20.546	0:11:53
7	43.095	0:02:26
8	23.609	0:13:44
9	20.293	0:17:11
10	20.589	0:12:49
11	28.068	0:06:58
12	21.664	0:10:24
13	20.558	0:12:35
14	22.173	0:11:01
15	20.642	0:06:09
16	19.964	0:12:24
17	23.016	0:06:58
18	24.893	0:06:02
19	21.041	0:06:02
20	27.562	0:03:54
Desvio Padrão	9657	
Média	26.230	0:08:28

Tabela 8 - Resultados do experimento 3.

Experimento 4		
	Tentativas	Tamanho da População
	1000	500
	Valor Otimizado	Tempo de Otimização
1	20.932	0:06:29
2	30.546	0:02:32
3	21.347	0:07:04
4	46.582	0:00:58
5	21.525	0:06:26
6	26.048	0:03:24
7	47.165	0:00:43
8	28.724	0:03:03
9	28.126	0:04:31
10	45.261	0:01:00
11	45.665	0:01:23
12	24.691	0:11:07
13	25.566	0:05:41
14	49.812	0:00:35
15	28.812	0:06:31
16	23.555	0:07:51
17	28.730	0:04:26
18	31.146	0:05:18
19	21.393	0:15:18
20	24.477	0:12:58
Desvio Padrão	9666	
Média	31.005	0:05:22

Tabela 9 - Resultados do experimento 4.

6.3.

Análise comparativa dos resultados

A seguir são feitas comparações entre os resultados obtidos em cada experimento com o intuito de determinar qual a melhor configuração para o algoritmo genético dentre as utilizadas. Em seguida, são feitas comparações entre os resultados obtidos com e sem a alocação inteligente dos quadros de distribuição que respaldam as conclusões desse trabalho. Por último, apresenta-se o impacto da redução de cabos pela alocação inteligente do ponto de vista da redução do efeito Joule e das emissões de CO₂.

6.3.1.

Algoritmo genético

O experimento 1 foi o que apresentou os melhores resultados. Pode-se perceber da análise da Figura 8 que além de alcançar a menor média, também teve a melhor amostra entre todas as 80 amostras obtidas e seus resultados foram os que apresentaram a menor dispersão entre as 4 configurações testadas, aproximadamente 8,02% ao redor da média, como pode ser visto na figura 9.

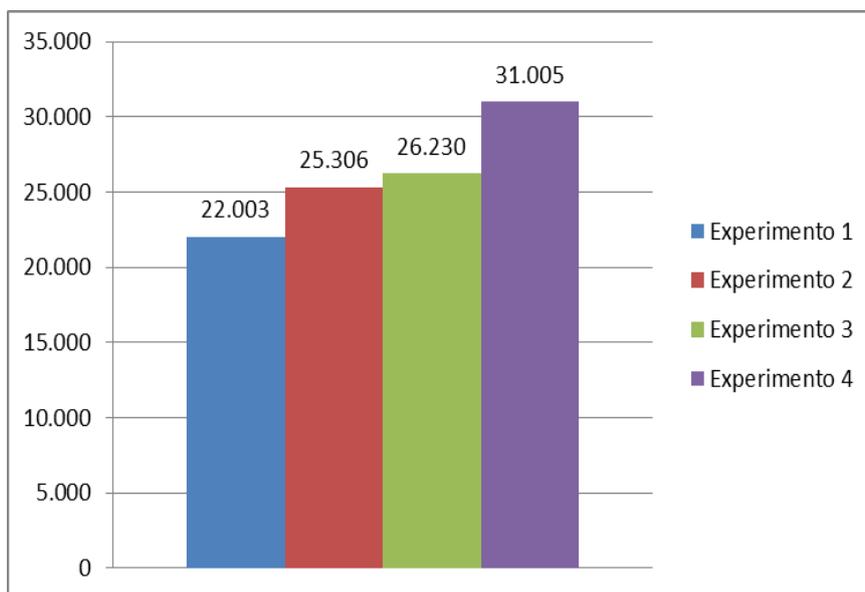


Figura 1 - Comparação das médias dos resultados.

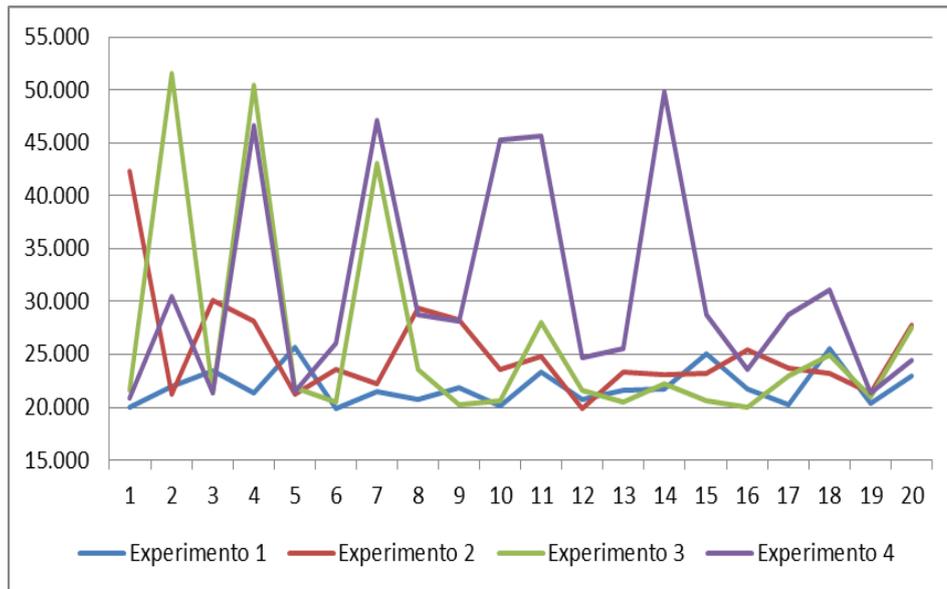


Figura 2 - Dispersão das amostras.

Na figura 10 é apresentada a curva evolutiva do processo de otimização apresentado pelo melhor caso entre todos. No Anexo A são apresentados os resultados detalhados relativos à melhor amostra.

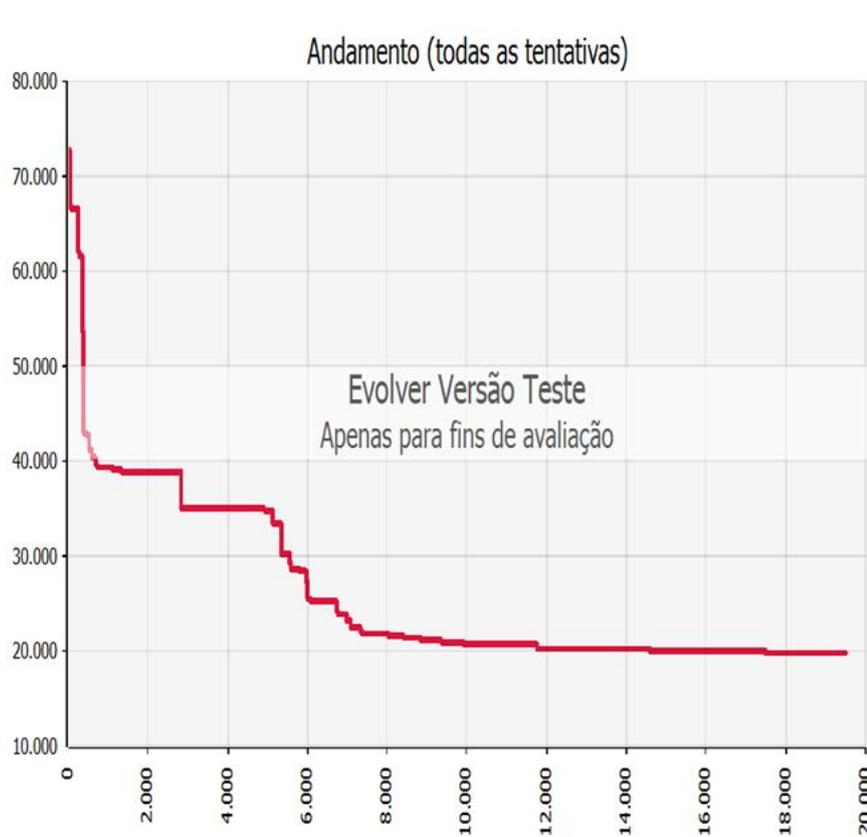


Figura 3 - Evolução da otimização da melhor.

Dessas informações pode-se avaliar como o processo de convergência para a solução se dá e daí podem ser extraídas medidas valiosas para aprimorar o algoritmo, entre as mais relevantes cita-se:

- a) a curva apresenta uma característica semelhante à de uma exponencial negativa, o que denota que o processo de otimização transcorreu de modo suave e rápido.
- b) a estabilização do valor otimizado se dá próxima à tentativa de número 10.000, mas o algoritmo ainda prossegue até próximo de 20.000 tentativas sem evolução significativa do valor otimizado, evidenciando que o valor encontrado de fato está entre os melhores possíveis e que deve-se adotar configurações no algoritmo genético que visem a interrupção mais rápida do processo de otimização.
- c) o processo de busca da melhor solução demorou 8 minutos e 39 segundos analisando 19.497 tentativas e a melhor solução foi atingida na tentativa 19.379 indicando que o algoritmo está sendo muito exercitado;
- d) na pior situação as restrições foram atendidas em 71,51% dos casos indicando que as restrições propostas não reduziram muito a área de busca do algoritmo.

Antes de testar novas configurações sobre o algoritmo visando a redução do número de tentativas e a conseqüente redução do tempo de otimização, seria interessante avaliar se o comportamento apresentado nos itens “a”, “b” e “c” acima se mantêm diante de situações mais restritivas para o ambiente de busca

6.3.2.

Alocação inteligente

No posicionamento definido pelo projeto básico sem a aplicação da metodologia de alocação inteligente, o custo total com cabos elétricos foi de R\$ 36.704 e a distribuição espacial dos quadros de distribuição ao longo da planta nesse posicionamento pode ser vista na figura 11.

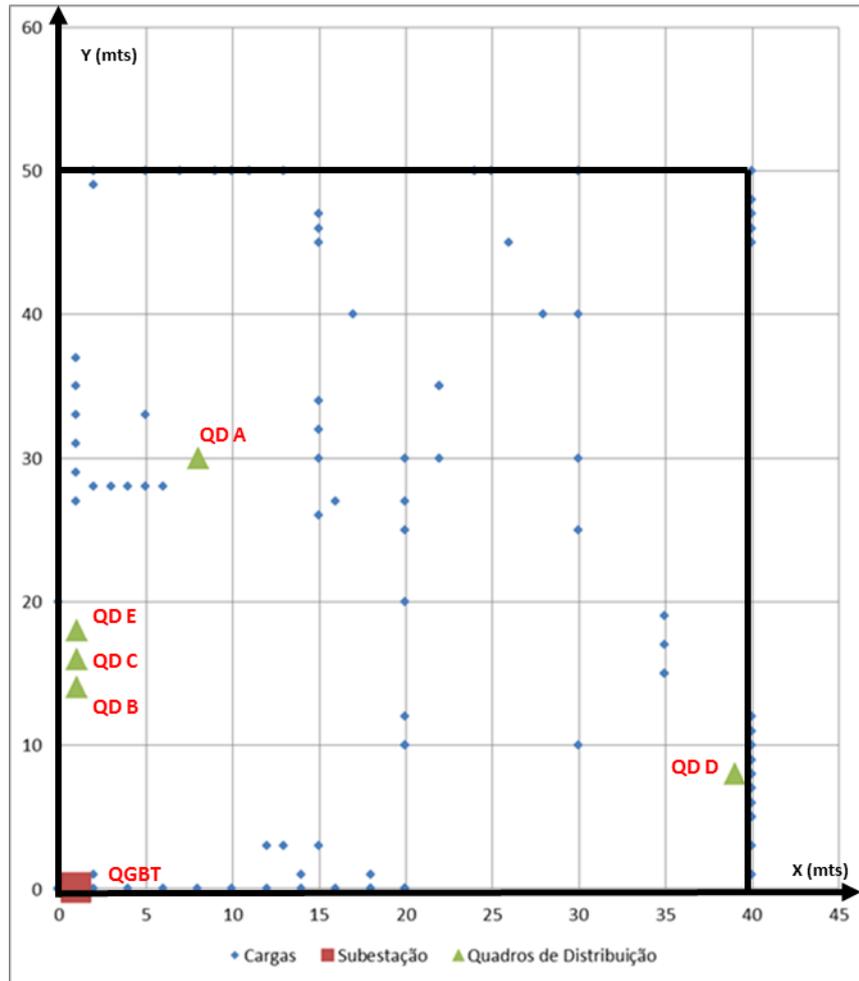


Figura 4 - Posicionamento antes da alocação inteligente.

Na tabela 10 a seguir são apresentados os custos totais com os cabos elétricos alocando os quadros de distribuição nas posições definidas no projeto básico, e nas posições definidas pelas melhores amostras de cada um dos 4 experimentos realizados utilizando a metodologia da alocação inteligente. São apresentadas as coordenadas dos quadros de distribuição alcançadas por cada experimento e ao final da tabela é calculado o percentual de redução em relação ao projeto básico que cada experimento atingiu.

Impacto da Alocação Inteligente dos Quadros de Distribuição															
Quadros de Distribuição	Projeto Básico			Experimento 1 Amostra 6			Experimento 2 Amostra 12			Experimento 3 Amostra 16			Experimento 4 Amostra 1		
	Eixo X (m)	Eixo Y (m)	\$	Eixo X (m)	Eixo Y (m)	\$	Eixo X (m)	Eixo Y (m)	\$	Eixo X (m)	Eixo Y (m)	\$	Eixo X (m)	Eixo Y (m)	\$
QD A	8	30	16.136	17,0439	2	15.047	16,7392	2	15.042	15,6551	2	14.982	11,3243	2	15.123
QD B	1	18	1.412	17,1394	2	616	18,8229	2	624	18,4903	2	646	12,964	2	754
QD C	1	16	7.513	16,9232	0,24399	1.690	16,8878	0,00497	1.603	15,6041	0,08978	1.614	11,3121	1,78934	2.220
QD D	39	8	1.164	17,2988	2	587	38,0001	2,37367	781	38	8,0935	853	38	6,30282	927
QD E	1	14	10.479	17,0787	0,88731	1.913	16,7935	0,10702	1.818	15,0476	0,87932	1.867	11,655	0,94685	1.908
Subestação	1	2	-	17,0472	0	-	16,7937	0	-	15,6891	0	-	11,3484	0	-
\$ Total	36.704			19.854			19.869			19.964			20.932		
(%)	100%			54,09%			54,13%			54,39%			57,03%		

Tabela 10 - Melhores resultados de cada experimento.

Como pode ser visto na Tabela 10 a redução de custo alcançada com a alocação inteligente dos quadros de distribuição em relação ao posicionamento do projeto básico foi superior a 42% em todos os experimentos. Esses resultados atenderam todas as restrições definidas inicialmente e estão referenciados a uma lista de preços de cabos elétricos específica.

O posicionamento espacial da melhor amostra (experimento 1, amostra 6) após a alocação inteligente dos quadros de distribuição pode ser visto na figura 12.

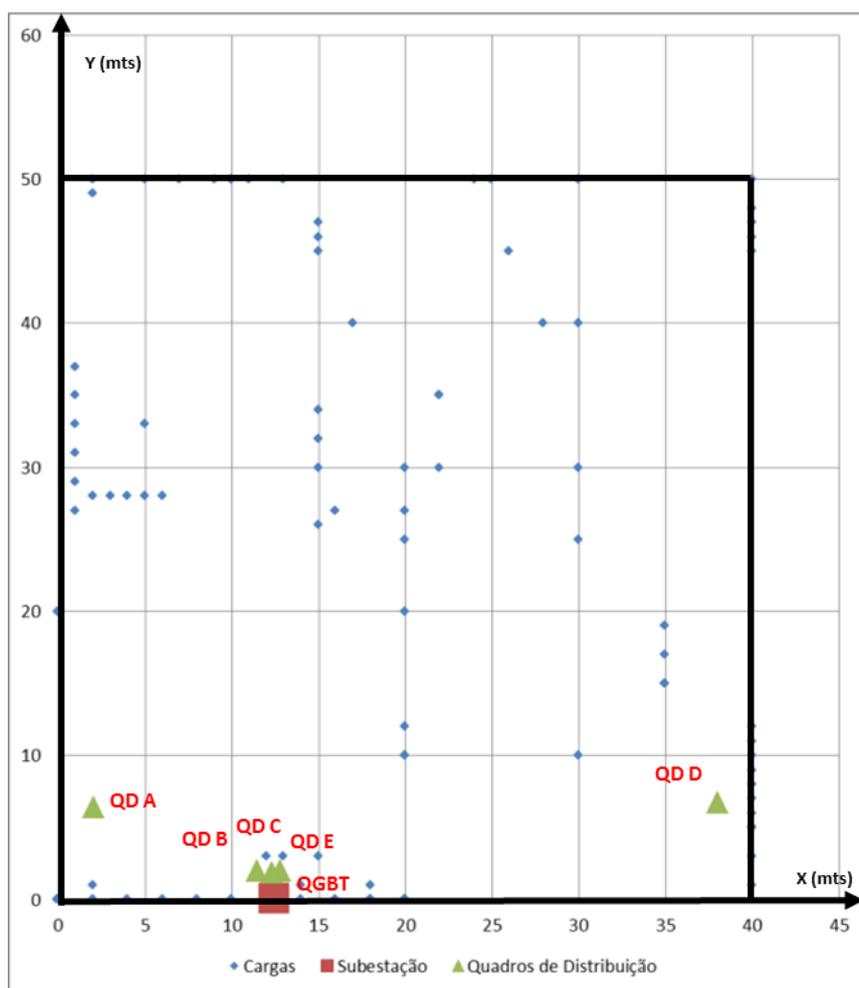


Figura 5 – Posicionamento depois da alocação inteligente.

Analisando a figura 12 nota-se que o quadro mais a esquerda que atende as cargas que estão no canto superior esquerdo da planta a partir da cota 28m até a cota 50m não está posicionado nem próximo a suas cargas nem próximo a subestação que o alimenta. Diferente dos outros quadros, esse não está apresentando um comportamento marcadamente “tipo fonte” nem “tipo carga” e

provavelmente isso se deve a algum circuito mais potente que esteja misturado nesse quadro aos circuitos menos potentes, mas mais numerosos que o quadro atende.

Esse é um caso típico onde a realocação desses circuitos mais potentes para outro quadro ou mesmo a criação de um novo quadro de distribuição para abrigá-los, provavelmente resultaria em uma redução ainda maior no custo dos cabos elétricos.

Para o caso estudado, a previsão de custos, em reais brasileiros, da obra era a apresentada na tabela 11.

Custos			Projeto Básico	%
Tipo	Área	Descrição		
Materiais	Elétrica	Transformadores	84.000	22,8%
		Disjuntor, TCs e TPs	20.000	5,4%
		Seccionadores	7.500	2,0%
		Muflas	1.000	0,3%
		Pára-Raio	3.000	0,8%
		Isoladores	2.500	0,7%
		Barramento e ferragens subestações	8.400	2,3%
		Cabos MT	13.680	3,7%
		Cabos BT	72.000	19,6%
		Cabos Aterramento	9.600	2,6%
		Cabos iluminação e tomadas	15.000	4,1%
		Quadros	65.000	17,7%
		Aterramento	1.200	0,3%
		Eletrocalhas, eletrodutos, perfilados e acessórios	18.000	4,9%
		Exaustores	750	0,2%
		Terminais e conexões	800	0,2%
		Material de consumo	5.000	1,4%
		Outros	25.000	6,8%
	Civil	Areia, pedra, cimento, ferro, tijolos	7.800	2,1%
		Vigas de laje	3.000	0,8%
		Material de consumo	3.000	0,8%
		Outros	2.000	0,5%
	Total de Materiais			368.230
Serviços	Elétrica	Baixa Tensão	126.000	68,9%
		Média Tensão	30.000	16,4%
		Aterramento	10.000	5,5%
	Civil	SU.01	8.000	4,4%
		SU.02	6.000	3,3%
		Envolvimento e Caixas de passagem	3.000	1,6%
Total de Serviços			183.000	100%
Custo Total da Obra			551.230	

Tabela 11 - Custo detalhado da obra.

Os itens marcados em cinza na tabela 11 são os custos relativos aos cabos elétricos que foram impactados pela alocação inteligente dos quadros de distribuição, eles representam 23,7% do custo total do empreendimento.

Utilizando o melhor posicionamento definido pela alocação inteligente obteve-se uma redução nesse custo de 45,9% como foi apresentado na tabela 10. Logo, estima-se que a redução do custo total do empreendimento será de 10,9%.

6.3.3.

Impacto sobre as perdas Joule

Na tabela 12 a seguir são apresentadas as perdas Joule anuais para cada posicionamento analisado: projeto básico e os 4 experimentos realizados utilizando a metodologia da alocação inteligente. Nota-se que as coordenadas dos quadros de distribuição alcançadas são as mesmas apresentadas na tabela 10.

Na tabela 13 é calculado o percentual de redução das perdas Joule em relação ao projeto básico que cada experimento atingiu. Para ilustrar em valores monetários (reais brasileiros) o efeito anual das perdas Joule utilizou-se um regime de funcionamento dos circuitos de 100 horas mensais e o valor atual da tarifa de consumo fora da ponta para a modalidade tarifária THS Verde A4 industrial usada pela concessionária Ampla que atende a planta estudada.

Quadros de Distribuição	Projeto Básico			Experimento 1 Amostra 6			Experimento 2 Amostra 12			Experimento 3 Amostra 16			Experimento 4 Amostra 1		
	Eixo X (m)	Eixo Y (m)	Perda Joule (kWh/ano)	Eixo X (m)	Eixo Y (m)	Perda Joule (kWh/ano)	Eixo X (m)	Eixo Y (m)	Perda Joule (kWh/ano)	Eixo X (m)	Eixo Y (m)	Perda Joule (kWh/ano)	Eixo X (m)	Eixo Y (m)	Perda Joule (kWh/ano)
QD A	8,0	30,0	1.843	17,0	2,0	2.069	16,7	2,0	2.067	15,7	2,0	2.056	11,3	2,0	2.063
QD B	1,0	18,0	666	17,1	2,0	272	18,8	2,0	287	18,5	2,0	303	13,0	2,0	342
QD C	1,0	16,0	2.566	16,9	0,2	727	16,9	0,0	716	15,6	0,1	710	11,3	1,8	772
QD D	39,0	8,0	726	17,3	2,0	223	38,0	2,4	416	38,0	8,1	485	38,0	6,3	540
QD E	1,0	14,0	2.126	17,1	0,9	320	16,8	0,1	277	15,0	0,9	317	11,7	0,9	324
Subestação	1,0	2,0	-	17,0	0,0	-	16,8	0,0	-	15,7	0,0	-	11,3	0,0	-
Perda Joule Total (kWh/ano)	7.927			3.611			3.763			3.870			4.040		

Tabela 12 - Perdas Joule.

Perdas Joule	Perda Total (kWh/ano)	Tarifa (R\$/kWh)	Perda Total (R\$/ano)	(%)
Projeto Básico	7.927	0,56762	4499,7	100%
Experimento 1 Amostra 6	3.611		2049,9	45,6%
Experimento 2 Amostra 12	3.763		2135,9	47,5%
Experimento 3 Amostra 16	3.870		2196,6	48,8%
Experimento 4 Amostra 1	4.040		2293,4	51,0%

Tabela 13 - Redução percentual das perdas Joule

6.3.4.

Impacto sobre as emissões de CO₂

Na tabela 14 a seguir são apresentadas as emissões CO₂ evitadas anuais para cada posicionamento definido: projeto básico e nos 4 experimentos realizados utilizando a metodologia da alocação inteligente. Nota-se que as coordenadas dos quadros de distribuição alcançadas são as mesmas apresentadas na tabela 10. Ao final da tabela é calculado o percentual de emissões de CO₂ em relação ao projeto básico que cada experimento atingiu utilizando o mesmo regime de funcionamento de 100 horas mensais para os circuitos.

Quadros de Distribuição	Projeto Básico			Experimento 1 Amostra 6			Experimento 2 Amostra 12			Experimento 3 Amostra 16			Experimento 4 Amostra 1		
	Eixo X (m)	Eixo Y (m)	Emissões (kg-CO ₂ /ano)	Eixo X (m)	Eixo Y (m)	Emissões (kg-CO ₂ /ano)	Eixo X (m)	Eixo Y (m)	Emissões (kg-CO ₂ /ano)	Eixo X (m)	Eixo Y (m)	Emissões (kg-CO ₂ /ano)	Eixo X (m)	Eixo Y (m)	Emissões (kg-CO ₂ /ano)
QD A	8,0	30,0	360	17,0	2,0	326	16,7	2,0	326	15,7	2,0	324	11,3	2,0	324
QD B	1,0	18,0	70	17,1	2,0	24	18,8	2,0	27	18,5	2,0	29	13,0	2,0	31
QD C	1,0	16,0	584	16,9	0,2	158	16,9	0,0	155	15,6	0,1	153	11,3	1,8	165
QD D	39,0	8,0	123	17,3	2,0	22	38,0	2,4	69	38,0	8,1	84	38,0	6,3	92
QD E	1,0	14,0	517	17,1	0,9	78	16,8	0,1	67	15,0	0,9	77	11,7	0,9	79
Subestação	1,0	2,0	-	17,0	0,0	-	16,8	0,0	-	15,7	0,0	-	11,3	0,0	-
Perda Total (kg-CO₂/ano)	1.653			608			644			667			691		
(%)	100%			36,8%			38,9%			40,3%			41,8%		

Tabela 14 - Redução percentual das emissões CO2