

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**O USO DE CABOS DE ALUMINIO PARA DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA
PARA BAIXA TENSÃO.**

Área de Instalação Elétrica

por

Moacir Vicente da Silva Filho

Prof^a Ms. Débora Meyhofer Ferreira
Orientadora

Itatiba (SP), Dezembro de 2009

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**O USO DE CABOS DE ALUMINIO PARA DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA
PARA BAIXA TENSÃO.**

Área de Instalação Elétrica

por

Moacir Vicente da Silva Filho

Monografia apresentada à disciplina trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia Elétrica – Ênfase em Instalação Elétrica, da Universidade São Francisco, Campus Itatiba, sob a orientação da Prof^A Débora Meyhofer Ferreira, como exigência parcial para conclusão do curso de graduação.

Itatiba (SP), Dezembro de 2009

**O USO DE CABOS DE ALUMINIO PARA DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA PARA
BAIXA TENSÃO.**

Moacir Vicente da Silva Filho

Monografia defendida e aprovada em 14 de Dezembro de 2009 pela Banca Examinadora assim constituída:

Prof. Débora Meyhofer Ferreira (Orientadora)
USF – Universidade São Francisco – Itatiba – SP

Prof. André Renato Bakalereskis (Membro Interno)
USF – Universidade São Francisco – Itatiba – SP

Eng. Paulo César Bueno (Membro Externo)
Rexroth Bosch Group – Atibaia - SP

O único lugar onde o sucesso vem
antes do trabalho é no dicionário.

(Albert Einstein)

A meus pais, Moacir Vicente e Vera Lucia, pela educação, formação e carinho.

A minha esposa Patrícia Petrolí pela paciência, amor e companheirismo.

Aos meus irmãos Anderson, Anelise e Aline pela ajuda nessa jornada.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus e a Professora Débora, minha orientadora, que acreditou em mim e incentivou-me para a conclusão deste trabalho, face aos inúmeros percalços do trajeto.

Agradeço também aos Professores da USF, companheiros de percurso e de discussões profícuas, dentro e fora do contexto deste trabalho.

Agradeço por fim aos colegas de trabalho da Demape e da USF, que por inúmeras vezes compartilharam seus conhecimentos e experiências comigo.

Eu agradeço fraternalmente a todos.

SUMÁRIO

Lista de Abreviaturas.....	ix
Lista de Figuras.....	x
Lista de Tabelas.....	xi
Lista de Equações.....	xii
Resumo.....	xiii
Abstract.....	xiv
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	3
1.1.1 Objetivo Geral.....	3
1.1.2 Objetivo Específicos.....	3
1.2 METODOLOGIA.....	3
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	4
2 INTRODUÇÃO AO CABEAMENTO.....	5
2.1 TECNOLOGIA.....	5
2.1.1 Introdução.....	5
2.1.2 Condutores.....	5
2.2 ECOLOGIA DOS CABOS DE COBRE E DO ALUMINIO.....	6
2.2.1 Alumínio.....	6
2.2.2 Cobre.....	8
2.3 REDE TELEFONICA COM CONDUTORES EM ALUMINIO.....	9
2.4 COMPARAÇÃO DOS TIPOS DE CABOS.....	12
2.5 CONEXÕES.....	14
2.6 ISOLAÇÃO.....	15
2.7 CLORETO DE POLIVINILA (PVC).....	15
2.8 CARACTERISTICAS DO CABO UTILIZADO.....	17
3 ESTRUTURA DE UM PROJETO ELÉTRICO.....	19
3.1 PARTES COMPONENTES DE UM PROJETO ELÉTRICO.....	19
3.1.1 Previsão de cargas da instalação elétrica.....	20

3.1.2 Demanda de energia de uma instalação elétrica.....	20
3.1.3 Divisão da Instalação em Circuitos.....	24
3.1.4 Divisão da Instalação em Circuitos Terminais.....	25
3.1.5 Eletrodutos.....	26
3.1.6 Disjuntores.....	27
4 DIMENSIONAMENTO DE UMA INSTALAÇÃO.....	28
4.1 INTRODUÇÃO.....	28
4.2 CONDIÇÕES DE INSTALAÇÃO.....	28
4.3 SELEÇÃO DA SEÇÃO DOS CONDUTORES.....	29
4.3.1 Cálculo da Capacidade de Condução de Corrente.....	29
4.3.2 Fontes Térmicas nos Cabos de Energia.....	30
4.3.3 Resistência Térmicas.....	31
4.3.4 Determinação dos Parâmetros Elétricos.....	32
5 ESTUDO DE CASO.....	34
5.1 CUSTO FINAL DO PROJETO DESENVOLVIDO.....	43
5.2 REDES SUBTERRÂNEAS.....	44
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
Apêndice A – Planta Baixa da Residência.....	49
Anexo 1 – Definição de Normas.....	I
Anexo 2 – Critérios no Desenvolvimento.....	II
Anexo 3 – Representação da Tubulação e da Fiação.....	VII
Anexo 4 – Capacidade de Corrente.....	XI
Anexo 5 – Distância entre o poste e a casa.....	XII
Anexo 6 – Ligação cabo de Alumínio no poste.....	XII
Anexo 7 – Cabo multiplex de Alumínio para a distribuição.....	XIII

LISTA DE ABREVIATURAS

PVC	Policloreto de Vinila
TUE's	Tomada de uso Específico
TUG's	Tomada de uso Geral

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Relação de uma veia de cobre em comparação ao alumínio.....	11
Figura 2.2. Cabo elétrico de baixa tensão típica	18
Figura 2.3. Condutores elétrico	18
Figura 4.1. Resistência do condutor	33
Figura 5.1. Demanda da Residência durante 24 dias	38
Figura 5.2. Tubulação Realizada para passagem do cabo de alumínio.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1. Comparativo de Custo	1
Tabela 2.1. Condutividade relativa entre diferentes materiais	12
Tabela 3.1. Fatores de Demanda	23
Tabela 3.2. Quantidade de Condutores em um Eletroduto	27
Tabela 5.1. Demanda diurna e demanda noturna	37
Tabela 5.2. Circuito de Iluminação e Tomadas.....	40
Tabela 5.3. Potência de cada circuito	41
Tabela 5.4. Divisão das Potências por Fase	41
Tabela 5.5. Propriedades do Alumínio x Cobre	42
Tabela 5.6. Custo Cobre x Custo Alumínio	43

TABELA DE EQUAÇÕES

Equação 2.1. Resistência do condutor de Alumínio.....	10
Equação 2.2. Resistência do condutor de Cobre	10
Equação 2.3. Determinação do diâmetro do condutor de Alumínio	10
Equação 3.1. Fator de Demanda.....	21
Equação 3.2. Fator de Demanda Diurna.....	22
Equação 3.3. Fator de Demanda Noturna	22
Equação 3.4. Potencia Aparente.....	23
Equação 3.5. Provável demanda	23
Equação 4.1. Perdas Joule	30
Equação 4.2. Resistência Térmica Interna	31
Equação 4.3. Resistência Térmica Externa	31
Equação 4.4. Resistência do Condutor	32

RESUMO

FILHO, M.V.S. O uso de cabos de alumínio para distribuição de energia para baixa tensão. Itatiba, 2009. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade São Francisco, Itatiba, 2009.

Esta monografia apresenta o estudo de uma instalação elétrica para uma rede de baixa tensão utilizando cabos de alumínio. Atualmente utiliza-se um grande porcentual de cabeamento de cobre, pois possuem características elétricas e mecânicas superiores aos demais materiais utilizados para esse fim. No entanto, a instalação utilizando cabeamento de alumínio tem grandes vantagens como o seu custo para a transmissão e a distribuição de energia elétrica. Nesse trabalho, apresenta-se inicialmente um estudo teórico sobre o dimensionamento desse tipo de cabeamento. Na seqüência faz-se um estudo prático com a instalação em um ambiente real. Após a instalação, será possível observar a redução de custo com o uso de cabos de alumínio, mantendo a mesma confiança caso a instalação tivesse sido feita com cabos de cobre. Para isso, a instalação utilizará cabos de diferentes seções. Esse cabeamento será avaliado pela condução de corrente e as limitações de dimensão de acordo para cada aplicação, que suportará a corrente elétrica necessária para o uso de equipamentos de diversas potências. Tem-se ainda, o aspecto físico e visual desse tipo de cabeamento, ou seja, considerações sobre fixação dos cabos, que influenciam em mais segurança e menos espaço físico. Conseqüentemente, além da aparência, assegura-se a rentabilidade do investimento efetuado com a sua aquisição.

Devido a todos esses fatores, a procura por condutores diferentes da utilização convencional de cobre se tornou ainda maior, e o material alumínio passou a fazer parte até mesmo em equipamentos como motores e reatores para iluminação pública, atendendo as exigências de normas técnicas de forma eficaz.

Palavras-chave: Alumínio. Cabos. Instalação.

ABSTRACT

This monograph presents the study of an electric installation for a net of low tension using aluminum cable. Currently a great percentage of cable of copper is used, therefore they possess electric characteristics and mechanical used superiors to the excessively material ones for this end. However, the installation using cable of aluminum has great advantages as its cost for the transmission and the distribution of electric energy. In this work, a theoretical study is presented initially on the sizing of this type of cable. In the sequence a practical study with the installation in a real environment becomes. After the installation, will be possible to observe the reduction of cost with the use of aluminum cable, being kept the same confidence case the installation had been made with copper cable. For this, the installation will use cable of different sections. This handle will be evaluated by the chain conduction and the limitations of dimension in agreement for each application that will support the necessary electric chain for the equipment use of diverse powers. It is still had, the physical and visual aspect of this type of cable, that is, consideration on setting of the cable, that influence in more security and little physical space. Consequently, beyond the appearance, it is made sure yield of the investment effected with its acquisition. Had all these factors, the search for different conductors of the conventional copper use if still became bigger, and the material aluminum started to be part even though in equipment as motor and reactors for public illumination, taking care of to the requirements of norms techniques of efficient form.

Keywords: Aluminum. Cable. Installation.

1. INTRODUÇÃO

A instalação elétrica para baixa tensão deve ser precedida de dados e conhecimentos relativos aos equipamentos e as características funcionais.

O condutor, um elemento de transporte de energia elétrica pode ser formado por um único fio ou por vários fios, sua isolamento pode ser simples para cabos de baixa tensão ou composto de blindagens para rede de media ou altas tensões.[2].

Normalmente utiliza-se para distribuições de energia, condutores elétricos de cobre ou alumínio. Porém a escolha tem que leva em conta a capacidade de condução de corrente, dimensionamento do cabo, custo, massa do condutor.[8]

Existem no mercado dois tipos de condutores, e o seu uso é avaliado pela condução de corrente e as limitações de dimensões, sendo que o cobre ainda é o mais utilizado, pois possui características elétricas e mecânicas superiores aos demais. No entanto o cabo de alumínio está muito favorecido devido a inúmeros fatores que ocorrem no ambiente externo, sendo um dos mais evidentes o seu custo.

Tabela 1.1: Comparativo de custo

Cabos de Cobre (R\$) o metro	Cabos de Alumínio (R\$) o metro
1 x 16 mm ² – 3,19	4 x 25 mm ² – 6,15
1 x 6 mm ² – 1,13	4 x 10 mm ² – 3,90

Fonte: **Silcon Materiais Elétricos e Hidráulicos** Data: **31/08/2009**

Dentre outros aspectos que precisam ser considerados, temos o fato de roubo de cabos de cobre muito freqüente em loteamento e condomínios. Segundo fontes de comunicação, “Doze suspeitos de roubar cabos de cobre foram presos quando faziam a retirada de mais de 300 metros de cabos eles iriam roubar quase três toneladas do produto”; notícias como essa tem se tornado cada vez mais comum.

Temos ainda, o aspecto físico e visual, ou seja, onde serão fixados os cabos, que terão fácil acesso aos condutores de energia, com mais segurança e menos espaço físico com o uso de cabos multipolares. Isto é, o cabo utilizado para conectar os computadores a um servidor, pode ser utilizado para ligar mais de um telefone em um determinado lugar. Como é o caso do cabo de rede, um só cabo, porém, com mais 4 pares de fio. Lembrando que a capacidade de condução de corrente é limitada pela máxima temperatura de operação, permissível pela isolação, sabendo que são determinadas seções mínimas a serem respeitadas para cada tensão de isolamento, assim, as espessuras da isolação dos cabos, após todos os critérios deve ser especificada à seção do condutor. Segundo o estudo, o uso de cabo superior para obter menores perdas Joule é um critério econômico que deve ser levada em conta para ter economias ao longo da vida útil do sistema de cabos.

Devido a todos esses fatores, a procura por condutores, além do cobre, se tornou ainda maior, e o material alumínio passou a fazer parte até mesmo em equipamentos como motores e reatores, como exemplo o reator (equipamento auxiliar que controla o fluxo da corrente a um nível adequado de projeto da lâmpada), mesmo utilizando um diâmetro maior e mais material “laminas” o seu custo é menor que o mesmo reator utilizando cobre. Assim a instalação elétrica utilizando o alumínio como meio de distribuição deve principalmente estar muita bem estruturada para captar todo o sistema e as novas instalações, assegurando toda satisfação dos interessados com a garantia de um desempenho e funcionamento perfeito.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Para viabilizar a instalação elétrica residencial, quero propor a utilização de cabos de energia de alumínio que possibilite transmissão e distribuição principalmente devido à sua menor massa e custo.

1.1.2. Objetivos Específicos

O uso do cabo de alumínio dimensionado é importante, porque permitirá garantir a sua integridade e, conseqüentemente, assegurando a rentabilidade do investimento efetuado com a sua aquisição.

E com o acelerado desenvolvimento tecnológico, o uso de um sistema com menor custo e massa auxiliará o modo da instalação elétrica.

Alem disso, existe disponibilidade de recursos e tempo para projetá-lo e executá-lo, como também o apoio de interessados, estando abertos a novas sugestões que poderão trazer benefícios futuros.

Com o desenvolvimento da pesquisa e estudos mais precisos sobre o assunto, será possível descrever as diversas vantagens da implantação de Transmissão e Distribuição de energia utilizando cabos de alumínio em algumas empresas, comércio e residência, ilustrar e compreender o período de implantação do sistema, que também pode impactar de forma distinta as organizações.

1.2 METODOLOGIA

Nesse trabalho, apresenta-se inicialmente um estudo teórico sobre o dimensionamento desse tipo de cabeamento. Na seqüência faz-se um estudo prático com a instalação em um ambiente real. Com o desenvolvimento da pesquisa e estudos mais precisos sobre o assunto, será possível descrever as diversas vantagens da implantação de Transmissão e Distribuição de energia utilizando cabos de alumínio em algumas

empresas, comércio e residência, ilustrar e compreender o período de implantação do sistema, que também pode impactar de forma distinta as organizações.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Capítulo 1 apresenta as opções de cabos de alumínio disponíveis no mercado e a introdução do trabalho proposto;

No capítulo 2 temos uma introdução dos tipos de cabeamento e os cabos existente no mercado;

Temos ainda no capítulo 3 a maneira de projetar uma instalação de baixa tensão, a instalação dimensionada e os locais de passagem e fixação dos cabos, com as análise de custo, o desenvolvimento da infra-estrutura, e o desempenho.

Já no capítulo 4 um estudo de determinação dos parâmetros elétricos do cabeamento da instalação.

Enfim no capítulo 5 o projeto desenvolvido utilizando cabos de alumínio para a transmissão e distribuição da energia elétrica.

2. INTRODUÇÃO AO CABEAMENTO

2.1 TECNOLOGIA

2.1.1. Introdução

O cabo de energia é constituído de alguns elementos básicos, como, o condutor que faz o transporte da energia elétrica, o sistema dielétrico que para instalação para baixa tensão é constituído apenas pela isolação, a blindagem metálica que protege os condutores dos cabos de controle contra interferência e a proteção externa que para baixa tensão é constituída apenas por uma camada extrudada.[1].

2.1.2. Condutores

Para instalações elétricas os condutores de cobre e alumínio é que são utilizados, porém a sua capacidade de corrente é o fator decisivo para o dimensionamento e o custo.

O cobre tem algumas características elétricas melhores que o alumínio, principalmente nas ligações de baixa tensão de interruptores e tomadas, pois terão mais seguranças e facilidade nas conexões.[1].

O cabo de alumínio por possuir menor massa, é o tipo de cabo utilizado nas transmissões e distribuições de energia, mas, para a transmissão de uma mesma quantidade de energia com cabo de alumínio em relação ao cabo de cobre é utilizado uma seção um pouco mais de 60%.

Existem condutores formados por um único fio ou através de cordas que é a união de vários fios, sendo que quanto maior o número de fios para se formar a corda, maior é a flexibilidade.

Os condutores redondos ou fios com encordoamentos concêntrico, é constituído por uma coroa mais 6, 18, 36 ou 60 fios, além dos condutores redondos com encordoamento compacto que tem mesma formação concêntrica porem não há espaço

entre os fios, assim uma menor área permitindo maior facilidade para a instalação sem comprometer o seu desempenho

Quando se projeta uma instalação, o condutor tem que conciliar o menor custo com a maior flexibilidade, assim que se define a sua seção, sem comprometer a proteção e os materiais isolantes.

Infiltração de água tem que ser considerada para se determinar o tipo de material do condutor para impedir a sua corrosão, tendo que ser compatíveis química e termicamente com os componentes do cabo.

A isolação é um dos fatores talvez mais importante dos condutores, tendo que ser determinante para a rigidez dielétrica, fácil dissipação de calor, alta resistência a água, resistência ao envelhecimento e flexibilidade. Sendo que dependendo da aplicação terá uma menor ou maior importância.

O PVC é composto de componentes para isolação, compostos para coberturas, compostos resistentes à chama, compostos para alta temperatura. Adequados para cabos de instalações com tensão de isolamento de 750V e 1kV.

2.2 ECOLOGIA DOS CABOS DE COBRE E DO ALUMÍNIO

2.2.1. Alumínio

Quando o assunto é reciclagem o Alumínio é o primeiro nome a ser lembrado. Diferente de todos os outros materiais pode ser reciclado infinitas vezes, sem que a sua características seja perdida. Com a reciclagem do alumínio as industria desse setor aumenta a sustentabilidade em termos econômicos, sociais e ambientais, permitindo a geração de renda para milhares de famílias brasileiras envolvidas da coleta à transformação final da sucata.

Com a sua reciclagem, o alumínio economiza recursos naturais, energia elétrica - no processo, consome-se apenas 5% da energia necessária para produção do alumínio primário, além de oferecer ganhos sociais e econômicos, ganhando o país, os cidadãos e o meio ambiente.

A reciclagem de produtos com vida útil esgotada, por sua vez, depende do tempo gasto entre seu nascimento, consumo e descarte. Isto é chamado de ciclo de vida de um produto, que pode ser de 45 dias, como no caso da lata, até mais de 40 anos, no caso de cabos de alumínio para transmissão de energia elétrica. Em qualquer caso, o alumínio pode ser reciclado infinitas vezes.

O índice de reciclagem de latas de alumínio no País atingiu a marca de 78% em 2000, o segundo maior do mundo, superado apenas pelo Japão, determinado a expansão de um setor quase sempre marginalizado na economia, mas que movimenta volumes e valores respeitáveis: o da coleta e comercialização de sucata. Movimentando hoje mais de US\$100 milhões anuais.

Criando uma cultura de combate ao desperdício. Difunde e estimula o hábito do reaproveitamento de materiais, como o plástico e o papel, com reflexos positivos na formação da cidadania e no interesse pela melhoria da qualidade de vida da população. Além de reduzir o volume de lixo gerado.

A cada quilo de alumínio reciclado, cinco quilos de bauxita (minério de onde se produz o alumínio) são poupados. A reciclagem do alumínio proporciona uma economia de 95% de energia elétrica, ou seja, para produzir o alumínio são necessários 17,6 mil kw. Para reciclar, 700 kw. A diferença é suficiente para abastecer de energia 160 pessoas durante um mês.

O alumínio é o elemento metálico mais abundante da crosta terrestre. Sua leveza, condutividade elétrica e resistência à corrosão lhe conferem uma multiplicidade de aplicações.

O alumínio é um metal encontrado em abundância na crosta terrestre (8,1%), e possui um método simples de extração do metal. Atualmente, um dos fatores que

estimulam o seu uso é a estabilidade do seu preço, provocada principalmente pela sua reciclagem. Assim, permitiram estender o uso do alumínio para uma multiplicidade de aplicações até então economicamente inviáveis.

Considerando a quantidade e o valor do metal empregado, o uso do alumínio excede o de qualquer outro metal, exceto o aço. É um material importante em múltiplas atividades econômicas.

Outros usos do alumínio são:

Meios de Transporte: Como elementos estruturais em aviões, barcos, automóveis, bicicletas, tanques, blindagens e outros.

Embalagens: Papel de alumínio, latas, embalagens Tetra Pak e outras.

Construção civil: Janelas, portas, divisórias, grades e outros.

Bens de uso: Utensílios de cozinha, ferramentas e outros.

Transmissão elétrica: Ainda que a condutibilidade elétrica do alumínio seja 60% menor que a do cobre, o seu uso em redes de transmissão elétricas é compensado pela seu menor custo e densidade, permitindo maior distância entre as torres de transmissão. [21].

2.2.2. Cobre

O cobre é 100% reciclável, sendo 38% do metal usado hoje é reciclado, podendo ser reutilizado varias vezes sem perda da qualidade. É um dos melhores condutores de eletricidade. Comparado a outros materiais como o aluminio e o aço, apresenta maior capacidade de transmitir energia elétrica com menores perdas, o que o torna indispensavel nos programas de conservação de energia. Sua excelente condutividade e sua facilidade de manuseio reduzem es riscos de aquecimento excessivo em conexões, contribuindo, assim, para a redução dos riscos de incendio. Alem disso, o cobre tambem está presente em circuitos impressos e nos sofisticados chips eletronicos.

É um dos metais menos abundantes da crosta terrestre 0,12% do mais abundante, o alumínio.

Para os recursos mundiais de cobre estima-se que ultrapasse os 1.600 milhões de toneladas na crosta terrestre e a 700 milhões de toneladas nos leitos marítimos. As reservas comprovadas, segundo dados da agência estadunidense de prospecções geológicas (*US Geological Survey*) é de 940 milhões de toneladas, 40% delas no Chile, o principal minerador de cobre com cerca de 5 milhões de toneladas anuais (aproximadamente 36% da produção mundial).

Porem o crescimento constante na geração de resíduos sólidos em todo o mundo tem estimulado estudos para os mais variados tipos de resíduos. As sucatas eletrônicas fazem parte deste universo de materiais obsoletos e defeituosos que necessitam ser dispostos de maneira mais adequada ou então reciclados, como as Placas de Circuito Impresso que fazem parte das sucatas eletrônicas e que são encontradas em quase todos os equipamentos eletro-eletrônicos. As PCI são compostas de uma maneira geral de polímeros, cerâmicos e metais, o que dificulta o seu processamento. Por outro lado à presença de metais base (como cobre) e metais preciosos estimulam estudos quanto a sua reciclagem. [22].

2.3 CONDUTORES PARA REDE TELEFÔNICA COM CONDUTORES EM ALUMÍNIO

O uso do alumínio até gerou um seminário sobre o assunto para o uso de cabo geleado com condutor em alumínio para a rede telefônica, buscando soluções para problemas específicos além das já existentes e disponíveis para as diversas aplicações.[18].

Já existem no Brasil diversos produtos até mesmo normalizado que atendem os projetista, porem para aumentar as alternativas existentes (como é o caso de distribuição de energia com cabo de alumínio), foi desenvolvido e aplicado o cabo em questão para a aplicação aérea.

O trabalho sobre o uso do alumínio como condutor para a rede telefônica, visou o projeto elétrico e mecânico do cabo, assim como o desenvolvimento da emenda.

O projeto do cabo deve atender as características idênticas a um cabo CTP-APL-50 X 100 pares convencionais.

Assim a determinação do diâmetro do condutor de alumínio leva em consideração a resistividade.

$$RAL = \frac{\rho_{AL} \times L}{SAL} \quad (2.1)$$

Onde: RAL = Resistência do alumínio (ohms/km)

ρ_{AL} = Resistividade do alumínio – 28,2 ohms mm²/km

SAL = Seção do condutor alumínio (mm²)

$$RCU = \frac{\rho_{CU} \times L}{SCU} \quad (2.2)$$

Onde: RCU = Resistência do cobre (ohms/km)

ρ_{CU} = Resistividade do cobre – 17,3 ohms mm²/km

SCU = Seção do condutor cobre (mm²)

$$\text{Assim, } D^2_{xAL} = D^2_{xCU} \times \frac{AL}{CU} \quad (2.3)$$

Por fim, $DAL = 1,293 DCU$

DAL = Diâmetro do condutor alumínio (mm)

DCU = Diâmetro do condutor cobre (mm)

Segundo a formula acima um cabo de cobre com seção de 0,50mm em alumínio corresponde a 0,65mm.

O uso da liga de alumínio no lugar do alumínio puro para aumentar o aspecto mecânico, manteve as características elétricas do condutor.

Com o aumento do diâmetro do condutor, houve a necessidade de duas camadas de isolamento para manter a espessura do condutor em relação ao cobre, a interna celular para a redução de isolamento do condutor e a externa sólida fornece a rigidez mecânica e dielétrica necessárias para esse fim.

Pois a quantidade de ar presente no isolamento altera a constante dielétrica resultante.

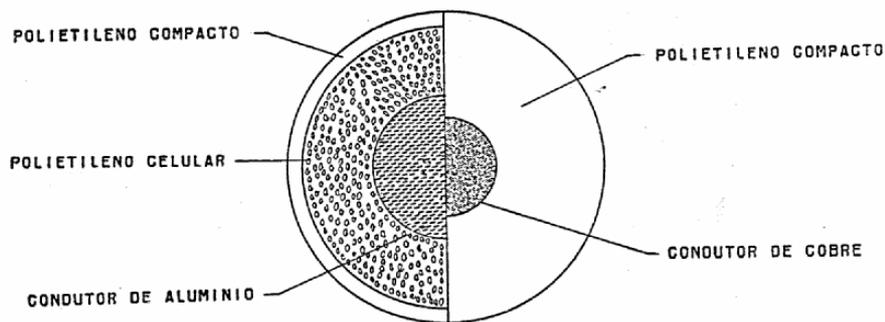


figura 2.1: relação de uma veia de cobre em comparação ao alumínio

Para a instalação foi desenvolvida uma emenda com o preenchimento com resina reentrável, para não ter contato o alumínio com a atmosfera devido à existência de pares metálicos.

No fim da instalação, ensaios elétricos realizados, constatou-se que todos os requisitos especificados foram mantidos.[18].

2.4. COMPARAÇÃO DOS TIPOS DE CABOS

Todos os metais conduzem corrente elétrica, porém a seção do condutor é determinada pela resistividade do material. O número que expressa a capacidade que um material tem de conduzir a corrente (fluxo dos elétrons através do condutor), é chamado de condutividade elétrica. Ao contrário, o número que indica a propriedade que os materiais possuem de dificultar a passagem da corrente é chamado de resistividade elétrica.

Segundo a norma “International Annealed Copper Standard” (IACS), adotada praticamente em todos os países, é fixada em 100% a condutividade de um fio de cobre de 1 metro de comprimento com 1mm^2 de seção e cuja resistividade a 20°C seja de $0,01724\text{ Wmm}^2/\text{m}$ (a resistividade e a condutividade variam com a temperatura ambiente). Dessa forma, esse é o padrão de condutividade adotado, o que significa que todos os demais condutores, sejam em cobre, alumínio ou outro metal qualquer, tem suas condutividades sempre referidas a aquele condutor. A tabela abaixo ilustra essa relação entre condutividades.

Tabela 2.1: condutividade relativa entre diferentes materiais

Material	Condutividade relativa ACS (%)
Cobre mole	100
Cobre meio-duro	97,7
Cobre duro	97,2
Alumínio	60,6

Em função de suas propriedades elétricas, térmicas, mecânicas e custos, o cobre e o alumínio são os metais mais utilizados desde os primórdios da indústria de fabricação de fios e cabos elétricos.

A prática nos leva a observar que, quase sempre, as linhas aéreas são constituídas em alumínio e as instalações internas são com condutores de cobre.

As três principais diferenças entre o cobre e o alumínio são: condutividade elétrica, peso e conexões.

A tabela acima 2.1, pode ser entendida da seguinte forma: o alumínio, conduz 3,9% (100-60,6) menos corrente elétrica que o cobre mole. Na prática, isso significa que, para conduzir a mesma corrente, um condutor em alumínio precisa ter uma seção aproximadamente 60% maior que a de um fio de cobre mole. Ou seja, se tivermos um condutor de 10mm^2 de cobre, seu equivalente em alumínio será de $10 \times 1,6 = 16\text{mm}^2$. Dissemos “aproximadamente” porque a relação entre as seções não é apenas geométrica e também dependem de alguns fatores que consideram certas condições de fabricação do condutor, tais como eles serem nus ou recobertos, sólidos ou encordoados, etc.

Peso

A densidade do alumínio é de $2,7 \text{ g/cm}^3$ e a do cobre de $8,9 \text{ g/cm}^3$

Calculando a relação entre o peso de um condutor de cobre e o peso do condutor de alumínio, ambos transportando a mesma corrente elétrica, é verificado, apesar do condutor de alumínio possuir uma seção cerca de 60% maior, seu peso é da ordem da metade do peso do condutor de cobre.

A partir dessa realidade física, estabeleceu-se uma divisão clássica entre a utilização do cobre e do alumínio nas redes elétricas. Quando o maior problema em uma instalação envolver o peso próprio dos condutores, prefere-se o alumínio por sua leveza.

Esse é o caso das linhas aéreas em geral, onde as dimensões de torres e postes e os vãos entre eles dependem diretamente do peso dos cabos por eles sustentados. Por outro lado, quando o principal aspecto não é o peso, mas é o espaço ocupado pelos condutores, escolhe-se o cobre por possuir um menor diâmetro. Essa situação é encontrada nas instalações internas, onde os espaços ocupados pelos eletrodutos, eletrocalhas, bandejas e outros são importantes na definição da arquitetura do local.

Deve-se ressaltar que, embora clássica, essa divisão entre a utilização de condutores de cobre e alumínio possui exceções, devendo ser cuidadosamente analisada em cada caso.

2.5. CONEXÕES

Uma das diferenças mais marcantes entre o cobre e o alumínio está na forma como se realizam as conexões entre condutores ou entre condutor e conector.

O cobre não apresenta requisitos especiais quanto ao assunto, sendo relativamente simples realizar as ligações dos condutores de cobre.

No entanto, o mesmo não ocorre com o alumínio. Quando exposta ao ar, a superfície do alumínio é imediatamente recoberta por uma camada invisível de oxido, de difícil remoção e altamente isolante. Assim, em condições normais, ao encostar um condutor de alumínio em outro, é como se estivesse colocando em contato dois isolantes elétricos, ou seja, não haveria contato elétrico entre eles. Nas conexões em alumínio, um bom contato somente será conseguido se rompermos essa camada de oxido.

Essa função é obtida através da utilização de conectores apropriados que, com o exercício de pressão suficiente, rompem a camada de oxido. Além disso, quase sempre são empregados compostos que inibem a formação de uma nova camada de oxido, uma vez removida a camada anterior.

Na prática, ao enrolar o cabo de cobre sobre o alumínio e utilizar o ferro de solda e o estanho ocorre à solda entre os cabos.

2.6. ISOLAÇÃO

A função básica da isolação é confinar o campo elétrico gerado pela tensão aplicada ao condutor no seu interior. Com isso, é reduzido ou eliminado o risco de choques elétricos e curtos-circuitos.

Podemos comparar a camada isolante de um cabo com a parede de um tubo de água. No caso do tubo, a parede impede que a água saia de seu interior e molhe a área ao seu redor. Da mesma forma, a camada isolante mantém as linhas de campo elétrico (geradas pela tensão aplicada) “presas” sob ela, impedindo que as mesmas estejam presentes no ambiente ao redor do cabo.

No caso do tubo, não pode haver nenhum dano à sua parede, tais como furos e trincas, sob pena de haver vazamento de água. Da mesma forma, não podem haver furos, trincas, rachaduras ou qualquer outro dano a isolação, uma vez que isso poderia significar um “vazamento” de linhas de campo elétrico, com subsequente aumento na corrente de fuga do cabo, o que provocaria aumento no risco de choques, curtos-circuitos e até incêndios.

De um modo geral, as isolações sólidas possuem uma boa resistência ao envelhecimento em serviço, uma reduzida sensibilidade à umidade e, desde que necessário, podem apresentar um bom comportamento em relação ao fogo. O projeto utilizou-se do PVC um cabo onde as principais características específicas do composto isolante mais utilizados atualmente.

2.7. CLORETO DE POLIVINILA (PVC)

- É, na realidade, uma mistura de cloreto de polivinila puro (resina sintética), plastificante, cargas e estabilizantes.

- Sua rigidez dielétrica é relativamente elevada, sendo possível utilizar cabos isolados em PVC até a tensão de 6kV.
- Sua resistência a agentes químicos em geral e a água é consideravelmente boa.

Possui boa característica de não propagação de chama.

O dimensionamento dos Cabos em função da isolação.

As duas principais solicitações a que a camada da isolação está sujeita são o campo elétrico (tensão) e a temperatura (corrente).

A tensão elétrica

Em relação a tensão elétrica, como vimos anteriormente, o PVC está limitado a 6kV, o que o torna recomendado para emprego em cabos de baixa tensão, seja de potencia, de controle, de sinal ou para ligação de equipamentos.

A principal característica construtiva dos cabos associada com a tensão elétrica é a espessura da isolação. Ela varia de acordo com a classe de tensão do cabo e da qualidade do material utilizado e é fixada pelas respectivas normas técnicas aplicáveis. Em geral, quanto maior a tensão elétrica de operação do cabo, maior a espessura da isolação.

A corrente elétrica

É sabido que todo condutor elétrico percorrido por uma corrente aquece. É também sabido que todos os materiais suportam, no máximo, determinados valores de temperatura, acima dos quais eles começam a perder suas propriedades físicas, químicas, mecânicas, elétricas, etc.

Desse modo, a cada tipo de material de isolamento correspondem três temperaturas características que são:

- Temperatura em regime permanente: 70°C: É a maior temperatura que a isolamento pode atingir continuamente em serviço normal.
- É a principal característica na determinação da capacidade de condução de corrente de um cabo.
- Temperatura em regime de sobrecarga – 100°C: É a temperatura máxima que a isolamento pode atingir em regime de sobrecarga. Segundo as normas de fabricação, a duração desse regime não deve superar 100 horas durante doze meses consecutivos, nem superar 500 horas durante a vida do cabo.
- Temperatura em regime de curto-circuito – 160°C: É a temperatura em regime de curto-circuito. Segundo as normas de fabricação, a duração desse regime não deve superar 5 segundos durante a vida do cabo.

2.8. CARACTERISTICAS DO CABO UTILIZADO

Resistência a chama: O cabo elétrico apresenta um volume significativo de material combustível na isolamento, na cobertura e, eventualmente, em outros componentes. Assim, é importante que, quando da ocorrência de um incêndio, os cabos não sejam agentes propagadores da chama, colocando em perigo as pessoas e o patrimônio.

Com o objetivo de garantir que os cabos sejam resistente à chama, eles são ensaiados de modo a comprovar que uma chama não possa se propagar indevidamente pelo cabo, mesmo em casos de exposições prolongadas ao fogo.

Para os cabos isolados em PVC, é previsto o Ensaio de queima vertical (fogueira), conforme a NBR 6812. Trata-se de submeter um feixe de cabos de 3,5m de comprimento à chama produzida por um queimador padrão, durante 40 minutos. Ao final da exposição,

o dano provocado pelo fogo deve estar limitado a um certo comprimento da amostra ensaiada.

Os cabos elétricos de potência em baixa tensão são os responsáveis pela transmissão de energia em circuitos de até 1000 volts.

Os principais componentes de um cabo de potencia em baixa tensão são o condutor, a isolação e a cobertura, conforme indicado na figura 2.2.

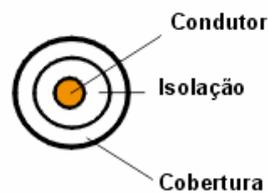


figura 2.2: cabo elétrico de baixa tensão típico

Alguns cabos elétricos podem ser dotados apenas de condutor e isolação, sendo chamados então de condutores isolados, enquanto que outros podem possuir adicionalmente a cobertura (aplicada sobre a isolação), sendo chamados de cabos unipolares ou multipolares, dependendo do numero de condutores (veias) que possuem.

A figura 2.3 mostra exemplos desses três tipos de condutores elétricos.



Figura 2.3: Condutores elétricos.

3. ESTRUTURA DE UM PROJETO ELÉTRICO

Projetar uma instalação elétrica de uma edificação consiste em - Quantificar e determinar os tipos e localizar os pontos de utilização de energia elétrica. Dimensionar, definir o tipo e o caminho dos condutores e condutos. Dimensionar, definir o tipo e a localização dos dispositivos de proteção, de comando, de medição de energia elétrica e demais acessórios.

Crítérios no desenvolvimento do projeto têm que ser levada em conta, como a acessibilidade, flexibilidade (para alterações) e reserva de carga (para futuros acréscimos de carga) e a confiabilidade (obedecer a norma técnica para o perfeito funcionamento e segurança).

3.1 PARTES COMPONENTES DE UM PROJETO ELÉTRICO

O projeto é a representação escrita da instalação, devendo conter no mínimo:

- Plantas;
- Esquemas (unifilares e outros que se façam necessários);
- Detalhes de montagem, quando necessários;
- Memorial descritivo;
- Cálculos (dimensionamento de condutores, condutos e proteções);
- Normas Técnicas.

3.1.1. Previsão de cargas da instalação elétrica

Cada aparelho ou dispositivo elétrico (lâmpadas, aparelhos de aquecimento d'água, eletrodomésticos, motores para máquinas diversas, etc.) solicita da rede uma determinada potência. O objetivo da previsão de cargas é a determinação de todos os pontos de utilização de energia elétrica (pontos de consumo ou cargas) que farão parte da instalação. Nesta etapa são definidas a potência, a quantidade e a localização de todos os pontos de consumo de energia elétrica da instalação.

Os equipamentos de utilização de uma instalação podem ser alimentados diretamente (bombas, motores), através de tomadas de corrente de uso específico (TUEs) ou através de tomadas de corrente de uso não específico (tomadas de uso geral, TUGs);

A carga a considerar para um equipamento de utilização é a sua potência nominal absorvida, dada pelo fabricante ou calculada a partir de $V \times I \times$ fator de potência (quando for o caso – motores) – nos casos em que for dada a potência nominal fornecida pelo equipamento (potência de saída), e não a absorvida, devem ser considerados o rendimento e o fator de potência.[3]

3.1.2. Demanda de energia de uma instalação elétrica

Observando o funcionamento de uma instalação elétrica residencial, comercial ou industrial, pode-se constatar que a potência elétrica consumida é variável a cada instante.

Isto ocorre porque nem todas as cargas instaladas estão todas em funcionamento simultâneo. A potência total solicitada pela instalação da rede a cada instante será, portanto, função das cargas em operação e da potência elétrica absorvida por cada uma delas a cada instante.

Por isso, para realizar o dimensionamento dos condutores elétricos que alimentam os quadros de distribuição, os quadros terminais e seus respectivos dispositivos de

proteção, não seria razoável nem tecnicamente nem economicamente a consideração da demanda como sendo a soma de todas as potências instaladas.

Carga ou Potência Instalada

É a soma de todas as potências nominais de todos os aparelhos elétricos pertencentes a uma instalação ou sistema.

Demanda

É a potência elétrica realmente absorvida em um determinado instante por um aparelho ou por um sistema.

Demanda Média de um Consumidor ou Sistema

É a potência elétrica média absorvida durante um intervalo de tempo determinado (15min, 30min)

Demanda Máxima de um Consumidor ou Sistema

É a maior de todas as demandas ocorridas em um período de tempo determinado; representa a maior média de todas as demandas verificadas em um dado período (1 dia, 1 semana, 1 mês, 1 ano)

Potência de Alimentação, Potência de Demanda ou Provável Demanda

É a demanda máxima da instalação. Este é o valor que será utilizado para o dimensionamento dos condutores alimentadores e dos respectivos dispositivos de proteção; será utilizado também para classificar o tipo de consumidor e seu padrão de atendimento pela concessionária local.

Fator de Demanda

É a razão entre a Demanda Máxima e a Potência Instalada $FD = D_{\max} / P_{inst}$ (3.1)

Cálculo de demanda da residência prevista com as seguintes cargas:

Admitindo que as maiores solicitações sejam:

- Demanda diurna - (Dd)
- Demanda noturna - (Dn)
- Demanda total – (Dt)

Fatores de demanda

$$\text{Diurno: } Fd = \frac{Dd}{Dt} \times 100 \quad (3.2)$$

$$\text{Noturno: } Fd = \frac{Dn}{Dt} \times 100 \quad (3.3)$$

Curva diária de demanda

As diversas demandas de uma instalação variam conforme a utilização instantânea de energia elétrica, de onde se pode traçar uma curva diária de demanda.

P_{inst} = valor fixo

Demanda = varia a cada instante

D_{max} = valor máximo de demanda - potência de alimentação, demanda total da instalação “utilizado como base de cálculo para o dimensionamento da entrada de serviço da instalação”

Os valores de demanda são influenciados por diversos fatores, dentre os quais a natureza da instalação (residencial, comercial, industrial, mista), o número de consumidores, a estação do ano, a região geográfica, a hora do dia, etc.

NOTA: A demanda deverá sempre ser expressa em termos de potência absorvida da rede (normalmente expressa em VA ou kVA). Deve-se estar sempre atento ao FATOR DE POTÊNCIA das cargas, observando a relação entre potência aparente (VA) e potência ativa (W). Assim:

$$S = P / \cos\varphi \quad , \quad S^2 = P^2 + Q^2 \quad (3.4)$$

S = potência aparente (VA)

P = potência ativa (W)

Q = potência reativa (VAR)

$\cos\varphi$ = fator de potência

Nas instalações de residências e apartamentos, a maioria das cargas (iluminação incandescente e aparelhos de aquecimento) é puramente resistiva. Nestes casos, podemos considerar $W = VA$, pois o fator de potência é igual à unidade.

Critérios para a determinação do fator de demanda para residências individuais

$$\text{Provável demanda: } PD = g \cdot P1 + P2 \quad (3.5)$$

PD = provável demanda = potência de alimentação (em kW)

g = fator de demanda (tabela 3.1)

P1 = soma das potências nominais de iluminação e TUGs (em kW)

P2 = soma das TUEs (em kW)

Tabela 3.1: Fatores de demanda

Tabela de fatores de demanda (g)	
P1 (kW) fator de demanda (g)	
0 a 1	0,88
1 a 2	0,75
2 a 3	0,66
3 a 4	0,59
4 a 5	0,52
5 a 6	0,45
6 a 7	0,40
7 a 8	0,35
8 a 9	0,31
9 a 10	0,27
> 10	0,24

3.1.3. Divisão da instalação em circuitos.

Locação dos pontos: Após definir todos os pontos de utilização da energia elétrica da instalação, a sua locação em planta será feita utilizando a simbologia gráfica apropriada.

Setores de uma instalação elétrica

Circuito elétrico: equipamentos e condutores ligados a um mesmo dispositivo de proteção.

Dispositivo de proteção (disjuntor termomagnético e fusível): dispositivo elétrico que atua automaticamente quando o circuito elétrico ao qual está conectado é submetido a condições anormais: alta temperatura, curto-circuito.

Quadro de distribuição: componente fundamental da instalação elétrica, pois recebe o ramal de alimentação que vem do centro de medição, contém os dispositivos de proteção e distribui os circuitos terminais para as cargas.

Circuitos terminais: alimentam diretamente os equipamentos de utilização (lâmpadas, motores, aparelhos elétricos) e ou TUGs e TUEs, os circuitos terminais partem dos quadros terminais ou dos quadros de distribuição (alimentadores).

Circuitos alimentadores (circuito de distribuição principal): alimentam os quadros terminais e/ou de distribuição, partindo da rede pública, de um transformador ou de um gerador.

Os quadros terminais e de distribuição deverão ser localizados próximos ao centro de carga da instalação. O centro de carga é o ponto ou região onde se concentram as maiores potências (comentar aspectos estéticos, facilidade de acesso, funcionalidade, visibilidade e segurança, podendo ser ambiente de serviço ou circulação).

3.1.4. Divisão da instalação em circuitos terminais.

A instalação elétrica de uma residência deverá ser dividida em circuitos terminais:

- Facilidade de operação e manutenção; redução da interferência entre pontos de utilização e limitação das conseqüências de uma falha.
- Redução nas quedas de tensão e da corrente nominal, dimensionamento de condutores e dispositivos de proteção de menor seção e capacidade nominal
- Facilidade de enfição em obra e ligação dos fios aos terminais de equipamentos, interruptores, tomadas, etc.)
- Cada circuito terminal será ligado a um dispositivo de proteção (disjuntor termomagnético)
- Prever circuitos independentes para as tomadas de cozinhas, copas, áreas de serviço

Concluída a divisão de cargas em circuitos terminais, identificar na planta, ao lado de cada ponto de luz ou tomada, o n°. do circuito respectivo.

Prescrições Para Instalação

Para transições de Linhas de Transmissão Aéreas para Subterrâneas, mostrando a sua viabilidade com a sua instalação.

Muitas vezes a necessidade de transições aérea x subterrânea se torna uma exigência devido à travessia de locais já densamente povoados ou que necessitem manter uma área livre, seja para preservar o ambiente seja para permitir construções, utilizando um trecho de linha subterrânea entre dois trechos aéreos.

Denominamos de Linhas de Transmissão Subterrâneas todo circuito instalado abaixo do nível do solo. Essas instalações utilizam cabos isolados dimensionados para cada instalação.

Essas instalações podem ser em dutos, quando os dutos são enterrados e os cabos são lançados dentro dos mesmos.

Há um ponto de transição Aéreo-Subterrâneo, sendo o local onde é feita a mudança de Linha de Transmissão Aérea (LTA) para subterrânea. Sendo para continuar uma linha que se iniciou Aérea.

Um problema que sempre preocupa o projetista de uma linha aérea é quando ele tem que utilizar um trecho da mesma subterrânea. A primeira dúvida é sobre a vida útil das LTS.

A existência de milhares de quilômetros de cabos isolados instalados no Brasil desde 1959 e seus ótimos desempenho ao longo desses anos nos dá a confiança de que seu uso é perfeitamente seguro e econômico.

3.1.5. Eletrodutos

Funções

- Proteção mecânica dos condutores;
- Proteção dos condutores contra ataques químicos da atmosfera ou ambientes agressivos;
- Proteção do meio contra os perigos de incêndio resultantes de eventuais superaquecimentos dos condutores ou arcos voltaicos;
- Proporcionar aos condutores um envoltório metálico aterrado (no caso de eletrodutos metálicos) para evitar perigos de choque elétrico

A taxa máxima de ocupação deve obedecer a tabela 3.2 a seguir:

Tabela 3.2: Quantidade de condutores em um eletroduto

Condutor (mm ²)	Eletroduto 1/2"	Eletroduto 3/4"	Eletroduto 1"
1,5	6	9	-
2,5	4	9	-
4,0	3	9	-
6,0	3	7	9
10,0	2	4	6
16,0	-	3	4

3.1.6. DISJUNTORES

Um elemento de comando (acionamento manual) e proteção (desligamento automático) de um circuito, que é intercalado exclusivamente nos condutores fase, podendo ser mono, bi ou tripolar (para circuitos mono, bi ou trifásicos), com a capacidades típicas: 10 A, 15 A, 150 A (~75kW e 220V).

Algumas características Fusível x Disjuntor, atuando pela ação de disparadores: lâmina bimetálica e bobina, com tipos mono e multipolar; os multipolares possibilitam proteção adequada, evitando a operação monofásica de motores trifásicos, possuem uma maior margem de escolha; alguns permitem ajuste dos disparadores, podendo ser religados após sua atuação, sem necessidade de substituição, até mesmo utilizados como dispositivos de manobra, protegendo contra subcorrente e curto-circuito.

Os circuitos de iluminação e TUGs, a corrente de circuito < 70% da capacidade do disjuntor que protege o circuito;

E os circuitos de TUEs, a corrente de circuito < 80% da capacidade do disjuntor que protege o circuito

É fundamental verificar sempre se a capacidade do disjuntor é compatível com a capacidade da fiação do circuito protegido.

4. DIMENSIONAMENTO DE UMA INSTALAÇÃO

4.1. INTRODUÇÃO

Para o projeto de instalações o uso da corrente é um critério básico de sistemas que envolvem os cabos de energia. Cálculos de ampacidade de acordo com a norma NBR 11301, será necessário para o dimensionamento dos cabos tanto de transmissão como o de transporte.[4].

Em caso de instalações residências alguns dados como características do interessado deverá ser entregue ao projetista como a planta de situação para situar a obra, a planta de baixa do prédio para indicar com detalhes os ambientes, planta de detalhes para contribuir na definição do projeto elétrico.

Assim, será possível executar o projeto de uma maneira perfeita, conhecendo até mesmo durante a execução do projeto os planos dos interessados, porem cuidado em alguns aspectos como a flexibilidade para poder admitir mudanças, a acessibilidade que facilita o acesso ate mesmo aos cabos, confiabilidade ao desempenho do sistema quando ocorrer as interrupções temporário ou permanente. Enfim o projetista deverá conhecer a instalação elétrica para um melhor planejamento.

4.2. CONDIÇÕES DE INSTALAÇÃO

Para uma instalação elétrica de forma correta deverá conhecer o comprimento e perfil do circuito, detalhes da disposição dos circuitos e modalidades de ligação do circuito da blindagem, detalhe das condições de instalação para fornecer dados para a especificação do tipo de material para a proteção externa, Profundidade da instalação, no caso de cabos subterrâneos, resistividade térmica do solo, no caso de cabos subterrâneos, temperatura média do local da instalação, Detalhes a respeito da vala ou do banco de dutos se existirem, detalhes de ventilação para cabos instalados ao ar livre ou em galerias, tipos de exposição à luz solar, detalhes específicos no caso de cabos submarinos.

4.3. SELEÇÃO DA SEÇÃO DOS CONDUTORES

A seleção das seções dos cabos de energia tem que leva em conta alguns critérios, como a capacidade de condução de corrente (ampacidade) que é o limite de temperatura máxima de operação permissível pela isolação, limite de queda de tensão que deve ser limitado a 7%, capacidade de curto-circuito predominante para o suprimento de energia para pequenas cargas e o dimensionamento econômico para cabos de potência, pois leva em conta as perdas de energia durante os anos que esclarece seções mínimas e a isolação dos cabos. Após todos os critérios deve ser especificada a seção do condutor.

4.3.1. Cálculo da Capacidade de Condução de Corrente

Equações devem ser desenvolvidas para o cálculo da capacidade de corrente para cabos de energia, tanto para as condições de instalação e operação, ou para a determinação da temperatura de operação, fixadas as condições de instalação e carregamento.

Em inicial, a temperatura do condutor está em regime estacionário, ocorrendo variações diárias da carga que deverão ser levadas em conta, introduzindo um fator de correção.

Os fatores que afetam a capacidade de condução de corrente:

- Temperatura de operação;
- Temperatura ambiente;
- Tensão do sistema;
- Tipo de aterramento do circuito dos revestimentos metálicos;
- Características construtivas do cabo;

- Características da instalação;
- Características do solo.

4.3.2. Fontes Térmicas nos Cabos de Energia

Quando o condutor é percorrido pela corrente elétrica, calor é produzido em diversos pontos do cabo, assim,

$$\text{Perdas Joule no condutor: } W_c = R_{CA} \times I^2 \quad (4.1)$$

R_{CA} = Resistência do condutor em corrente alternada, na temperatura de operação, e I é a corrente que o está percorrendo.

Corrente alternada não é uma distribuição uniforme de corrente pela seção do condutor, a corrente tende a circular pela periferia, sendo chamado de efeito pelicular. Deve-se levar em conta que a distribuição de corrente em um condutor é distorcida, pelas correntes dos condutores vizinhos.

A corrente no condutor induzirá tensões até mesmo em revestimentos metálicos como as blindagens, armações e conduites, e se eles estiverem aterrados em pontos distintos, haverá circulação de corrente e conseqüentemente o aparecimento de perdas por efeito joule. Por isso que métodos especiais de aterramento foram desenvolvidos para diminuir ao máximo a sua intensidade.

Outras fontes de perdas são as correntes parasitas que aparecem nos revestimentos metálicos; e a perda por histerese constituída pelas armações e conduites de material magnético.

4.3.3. Resistências Térmicas

Resistência térmica internas

Dependem apenas da constituição física do cabo, isto é, as resistências térmicas do isolamento, acolchoamentos e capas de proteção.

Se tratar a fonte térmica e as camadas sendo cilíndricas, com uma distribuição de calor radial e uniforme, temos a expressão da resistência térmica:

$$R_{term} = k\rho \log \frac{D}{d} \quad (4.2)$$

.k = constante que depende das unidades utilizadas;

. ρ = resistividade térmica do material;

.D = diâmetro externo da camada;

.d = diâmetro interno da camada

Resistência térmica externas

Os efeitos das características da instalação devem-se leva em conta na resistência térmica externa, como, perfil da carga e resistividade térmica do solo. Até mesmo a resistência térmica entre o cabo e o eletroduto devem ser considerados e do próprio eletroduto. Em cabos instalados ao ar, apenas existe a resistência térmica da superfície externa para o meio, assim.

$$R_{termext} = R_{term1} + R_{term2} + R_{term3} \quad (4.3)$$

R_{term1} = Resistência térmica entre o cabo e o eletroduto;

R_{term2} = Resistência térmica do eletroduto;

R_{term3} = Resistência térmica entre a superfície do eletroduto e o meio ambiente ou do cabo para o meio ambiente.

Leva-se em conta o perfil da carga, sendo o fator da carga como um dos parâmetros para o cálculo de R_{term3} . Então se faz necessário o uso de dois valores para R_{term3} , o primeiro deles para o fator de carga existente, e que será empregado em conjunto com as perdas no condutor e revestimentos metálicos. O segundo será determinado considerando a carga constante em conjunto com as perdas dielétricas.

4.3.4. Determinação dos parâmetros elétricos.

Resistência do condutor

A resistência de um condutor de um cabo de energia depende do material utilizado, do tipo de construção do condutor e do cabo, bem como da temperatura máxima de operação permissível pela isolamento. Para a determinação da queda de tensão são fornecidos, nas tabelas de parâmetros elétricos, os valores para a resistência do condutor à corrente alternada na temperatura de operação para as configurações típicas, as quais foram determinadas através do método sugerido na IEC – 287(15) e descrito a seguir:

$$R_{ca}^{\theta^{\circ}C} = R_{cc}^{\theta^{\circ}C} (1 + Y_p + Y_s) \quad (\Omega/km) \quad (4.4)$$

$R_{cc}^{\theta^{\circ}C}$ = Resistência do condutor à corrente contínua (Ω/km) a $\theta^{\circ}C$

Y_p = Componente devido ao efeito de proximidade

Y_s = Componente devido ao efeito pelicular

Sendo a resistência do condutor à corrente contínua, para condutores de cobre ou alumínio, conforme NBR 6880 (tabela 4.1).

seção (mm ²)	Condutor de cobre (Ω /Km)	Condutor de cobre (Ω /Km)
1,5	12,2	***
2,5	7,56	***
4	4,7	7,41
6	3,11	4,61
10	1,84	3,08
16	1,16	1,91
25	0,734	1,2
35	0,529	0,868
50	0,391	0,641
70	0,27	0,443

Figura 4.1: Resistência do condutor [1].

5. ESTUDO DE CASO

O projeto teve o seu método exploratório quanto aos objetivos, pois teve caráter de aprofundamento das idéias sobre o desenvolvimento do estudo. Quanto aos meios o método foi bibliográfico, com base no que já existe sobre o tema e utilizado o estudo de caso com intenção de fortalecer o referencial bibliográfico pesquisado.

O estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre os fenômenos e o contexto não estão claramente definidos. (Segundo Yin em 1994). A presente pesquisa foi feita através de estudo de caso por possuir caráter de profundidade e detalhamento.

Foram pesquisados os tipos de cabos existente de alumínio no mercado, a fim de projetar as melhores opções na área de aplicação e como eles se comportam comparados aos cabos convencionais (cobre). O cabo de alumínio escolhido para a distribuição é um *multiplex* (3 cabos isolados em PVC mais um nu), com seção de 10mm². Para o transporte o cabo de alumínio trançado de 25mm² (4 cabos isolados em PVC).

Baseado na experiência e na observação para a verificação empírica. Daí a importância em saber como o cabo de alumínio se comporta em uma situação real através do pré-teste para a conexão em equipamentos de proteção (Disjuntor) e a sua conexão com os cabos de cobre.

Tendo realizado um pré-teste com intenção de verificar a adequabilidade e o grau de entendimento da pesquisa. A partir do pré-teste identificou-se a necessidade do uso da solda utilizando o estanho para a perfeita conexão dos cabos de alumínio com o cobre. Havendo assim melhoria no sistema elétrico.

A partir dos dados coletados da bibliografia levantada foi possível projetar a

instalação elétrica com cabo de alumínio com as mesmas características caso fosse feita com os cabos de cobre.

Um estudo de caso é, por natureza, não generalizável para a população. Porém, permite uma generalização teórica, robustecendo os conceitos estudados até então.

Para o estudo de caso foi escolhido uma instalação residencial, poderia ter sido escolhido outro tipo de instalação como industrial, comercial até mesmo rural.

A residência tem sua instalação elétrica dividida em 13 circuitos:

Circuito 1 = iluminação Q1, Q2, Q3, B1, B2, total 920W

Circuito 2 = iluminação QT, CZ, AS, GAR, VAR, total 900W

Circuito 3 = iluminação HALL, SALA, VAR, total 900W

Circuito 4 = tomadas Q2, Q1, HALL, SALA, GAR, VAR, total 1600W

Circuito 5 = tomadas Q3, B1, B2, QT, total 1600W

Circuito 6 = tomadas AREA DE SERVIÇO, total 1800W

Circuito 7 = tomadas COZINHA, total 1900W

Circuito 8 = tomadas específicas MAQ.LAVAR, EXAUSTOR, CAMPAINHA, total 1130 W

Circuito 9 = tomadas específicas MICROONDAS, total 1500 W

Circuito 10 = tomadas específicas AR CONDICIONADO, total 1600 W

Circuito 11 = tomadas específicas TORNEIRA ELETRICA, total 4000 W

Circuito 12 = tomadas específicas CHUVEIRO, total 6000 W

Circuito 13 = tomadas específicas CHUVEIRO, total 6000 W

Fator de Demanda

É a razão entre a Demanda Máxima e a Potência Instalada $FD = D_{\text{máx}} / P_{\text{inst}}$

Cálculo de demanda da residência prevista com as seguintes cargas:

- 27 lâmpadas incandescentes de 100W = 2700W
- 2 lâmpadas incandescentes de 60W = 120W
- 1 TV de 100W = 100W
- 1 aparelho de som de 60W = 60W
- 1 refrigerador de 300W = 300W
- 1 ferro elétrico de 1000W = 1000W
- 1 lava-roupa de 800W = 800W
- 2 chuveiro elétrico de 3000W = 6000W
- 1 torneira elétrica de 4000W = 4000W
- 1 ar-condicionado de 1600W = 1600W
- 1 microondas de 1500W = 1500W
- 1 exaustor de 300W = 300W

TOTAL 18480W

Maior demanda possível = 18480W

Admitindo que as maiores solicitações sejam:

A tabela 5.1 demonstra as demandas da residência, obtida através de informações do próprio produto.

Tabela 5.1: Demanda diurna e demanda noturna

DEMANDA DIURNA		DEMANDA NOTURNA	
Tipo de Consumo	Consumo (W)	Tipo de Consumo	Consumo (W)
Lâmpadas	500	Lâmpadas	1100
Aparelho de Som	60	Televisão	100
Refrigerador	300	Refrigerador	300
Chuveiro Elétrico	3000	Chuveiro elétrico	3000
Lava-Roupa	600	Ferro elétrico	1000
Microondas	750	Torneira Elétrica	2000
Exaustor	450	Microondas	150
		Exaustor	450
TOTAL	5660	TOTAL	8100

Fatores de demanda

Diurno: $F_d = 5660 / 18480 = 0,31$ ou 31%

Noturno: $F_d = 8100 / 18480 = 0,44$ ou 44%

Curva diária de demanda

As diversas demandas de uma instalação variam conforme a utilização instantânea de energia elétrica, de onde se pode traçar uma curva diária de demanda.

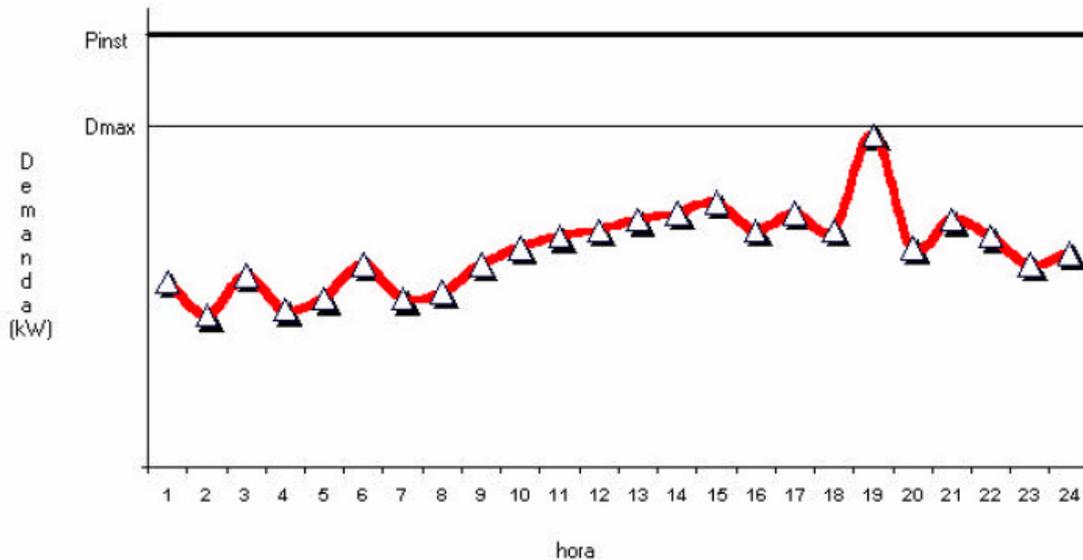


figura 5.1: Demanda da residência durante 24 dias

P_{inst} = valor fixo

Demanda = varia a cada instante

D_{max} = valor máximo de demanda - potência de alimentação, demanda total da instalação “utilizado como base de cálculo para o dimensionamento da entrada de serviço da instalação”.

Os valores de demanda são influenciados por diversos fatores, dentre os quais a natureza da instalação (residencial, comercial, industrial, mista), o número de consumidores, a estação do ano, a região geográfica, a hora do dia, etc.

NOTA: A demanda deverá sempre ser expressa em termos de potência absorvida da rede (normalmente expressa em VA ou kVA). Deve-se estar sempre atento ao FATOR DE POTÊNCIA das cargas, observando a relação entre potência aparente (VA) e potência ativa (W). Assim:

$$S = P / \cos\phi \quad S^2 = P^2 + Q^2$$

S = potência aparente (VA)

P = potência ativa (W)

Q = potência reativa (VAR)

$\cos\phi$ = fator de potência

Na instalações de residências e apartamentos, a maioria das cargas (iluminação incandescente e aparelhos de aquecimento) são puramente resistivas. Nestes casos, podemos considerar $W = VA$, pois o fator de potência é igual à unidade.

Critérios para a determinação do fator de demanda para residências individuais

Provável demanda: $PD = g \cdot P1 + P2$

PD = provável demanda = potência de alimentação (em kW)

g = fator de demanda (tabelado)

P1 = soma das potências nominais de iluminação e TUGs (em kW)

P2 = soma das TUEs (em kW)

Calculando a provável demanda da residência com as seguintes cargas instaladas:

- Iluminação = 2720W
- TUGs = 6900W
- TUEs = 20230W

Solução:

$$P1 = \text{ILUM} + \text{TUG} = 2720 + 6900 = 9620\text{W}$$

$$g = 0.27 \text{ (tabela 3.1)}$$

$$P2 = \text{TUE} = 20230\text{W}$$

$$PD = 0.27 \times 9.62 + 20.23 = 22.83\text{kW} \rightarrow P_{\text{inst}} = 2720 + 6900 + 20230 = 29850\text{W}$$

Determinar o quadro de distribuição com dimensionamento de disjuntores e fiação e o diagrama unifilar da instalação.

Seja o circuito de iluminação e TUGs abaixo:

Tabela 5.2: Circuito de iluminação e tomadas.

Dependência	Dimensões		Tomadas		Iluminação	
	Área (m2)	Perimetro	Quantidade	Potencia	Pot. Calc	QuantxPot
Q1	12	14	3	300	160 W	2X100VA
Q2	12	14	3	300	160	2X100
Q3	12	14	3	300	160	2X100
BANHO 1	6	10	1	600	100	1X100
BANHO 2	6	10	1	600	100	1X100
HALL	28	42	3	300	400	4X(1X100)
VARANDA	12	16	1	100	160	2X(1X100)
SALA	25	24	5	500	340	2X(2X100)
COZINHA	12	14	4	1900	160	2X100
A.SERVIÇO	6	10	3	1800	100	1X100
GARAGEM	23	30	1	100	340	2X(2X100)
QUINTAL	6	10	1	100	100	1X100

TOMADAS DE USO ESPECIFICO

02 – CHUVEIRO 6000VA / 220V

01 – TORNEIRA ELÉTRICA 4000VA / 220V

01 – AR-CONDICIONADO 1600VA / 220V

01 – MICROONDAS 1500VA / 127V

01 – MAQUINA DE LAVAR 800VA / 127V

01 – EXAUSTOR 300VA / 127V

01 – CAMPAINHA 30W / 127V

ILUMINAÇÃO COMPLEMENTAR

02 – ARANDELA 60W E 01 – ARANDELA 100W/127V

Tabela 5.3: Potência de cada circuito

CIRCUITO	N. DE FASES	POTENCIA (VA)	DESCRIÇÃO
1 – ILUMINAÇÃO	1(127V)	920	Q1, Q2, Q3, B1, B2
2 – ILUMINAÇÃO	1(127V)	900	QT, CZ, AS, GAR, VAR
3 – ILUMINAÇÃO	1(127V)	900	HALL, SALA, VAR.
4 – TOMADAS	1(127V)	1600	Q2, Q1, HALL, SALA, GAR, VAR.
5 – TOMADAS	1(127V)	1600	Q3, B1, B2, QT
6 – TOMADAS	1(127V)	1800	AREA SERVIÇO
7 – TOMADAS	1(127V)	1900	COZINHA
8 – TOM. ESP.	1(127V)	1130	MQLAVA, EXAUST., CAMPAINHA
9 – TOM. ESP.	1(127V)	1500	MICROONDAS
10 – TOM. ESP.	1(220V)	1600	AR CONDICON.
11 – TOM. ESP.	1(220V)	4000	TORN. ELETRICA
12 – TOM. ESP.	1(220V)	6000	CHUVEIRO
13 – TOM. ESP.	1(220V)	6000	CHUVEIRO

Tabela 5.4: Divisão das potências por fase

	FASE A	FASE B	FASE C
1	920		
2	900		
3	900		
4		1600	
5		1600	
6		1800	
7			1900
8			1130
9			1500
10	800		800
11		2000	2000
12	3000	3000	
13	3000		3000
TOTAL	9520	10000	10330

$I_{\text{circuito}} (A) = \text{potencia do circuito} / \text{tensão aplicada neste circuito}$

Para a iluminação foram utilizados cabos de cobre de 1,5 mm²;

Para a tomada de uso geral foram utilizados cabos de cobre de 2,5 mm²;

Para a tomada de uso específico foram utilizados cabos de cobre de 2,5 mm².

O condutor foi escolhido após comparar as propriedades entre o cobre e o alumínio (tabela 5.5) e ressaltando-se as vantagens que um possa apresentar sobre o outro para determinado tipo de instalação.

Tabela 5.5: Propriedades do Alumínio x Cobre

	Alumínio	Cobre
Condutividade mínima a 20C	61,0	100,0
Resistividade máxima a 20C	0,028264	0,017241
Densidade a 20C	2,705	8,89

Esse cabeamento foi avaliado pela condução de corrente e as limitações de dimensão de acordo para cada aplicação, que suportará a corrente elétrica necessária para o uso de equipamentos de diversas potências. Tem-se ainda, o aspecto físico e visual desse tipo de cabeamento, ou seja, considerações sobre fixação dos cabos, que influenciam em mais segurança e menos espaço físico.

O cabo de alumínio utilizado para a transmissão e distribuição tem o diâmetro do condutor aproximadamente 28% maior que o diâmetro do condutor de cobre, porém a massa do condutor de alumínio será a metade da massa do condutor de cobre.

5.4. CUSTO FINAL DO PROJETO DESENVOLVIDO

Com as pesquisas e o desenvolvimento apresentados nesta monografia, foram revisados os sistemas de custos existentes, e que eles estão divididos na tabela 5.6, caso a transmissão e a distribuição fosse feita com o cabo de cobre e com a transmissão e a distribuição sendo realizada com o cabo de alumínio. O custo apresentado está relacionado somente ao tipo de cabo utilizado para a transmissão e distribuição de energia, não fazendo parte desta monografia os custos dos equipamentos elétricos (interruptores, tomadas), nem mesmo o valor da mão-de-obra, pois como se trata de um estudo a mesma foi realizada sem nenhum custo ao verdadeiro interessado.

O valor final na conta a ser paga pela residência que teve a sua distribuição realizada com cabos de alumínio será a mesma, pois o valor está diretamente relacionado ao consumo e não o tipo de cabo utilizado.

Tabela 5.6: Custo Cobre x Alumínio

	Distância	Cobre (mm ²)		Alumínio (mm ²)	
Transmissão	90	1 x 16	R\$ 1148,40	4 x 25	R\$ 553,50
Distribuição	50	1 x 6	R\$ 226,00	4 x 10	R\$ 195,00

Verificando o método utilizado e o custo, evidencia-se que este tipo de instalação proporciona a determinação do bom uso do alumínio. O método parte da suposição de que o uso de cabos de alumínio gere custos menores que o uso dos cabos tradicionais.

Considerando ainda a satisfação do cliente em ter uma instalação em que todos os requisitos especificados foram mantidos sem comprometer a integridade, utilizando cabos não tão visado para o roubo, como é o caso do cobre.

Assim, ao final do estudo, se chega que se tratando de economia, o menor custo com o uso de cabo de alumínio multiplexado, está quando há uma distância entre o ponto de entrega da energia e o quadro de distribuição.

5.2. REDES SUBTERRÂNEAS

A linha de transmissão aérea, para chegar ao quadro de distribuição, tem dificuldade e impossibilidade de encontrar um percurso apropriado e seguro para percorrer. Isso ocorre, pois a região atravessa área ambiental que impeça a continuidade da linha aérea.

Assim para esse caso foi utilizada uma tubulação subterrânea, que corresponde a interligação de uma linha aérea até a subestação e a interligação subterrânea até o quadro de distribuição.

A predominância da interligação é do cobre, uma vez que o peso do cabo não é um problema. Mas o cabo de alumínio utilizado teve a maneira de instalar idêntica caso fosse feito com o cabo de cobre.

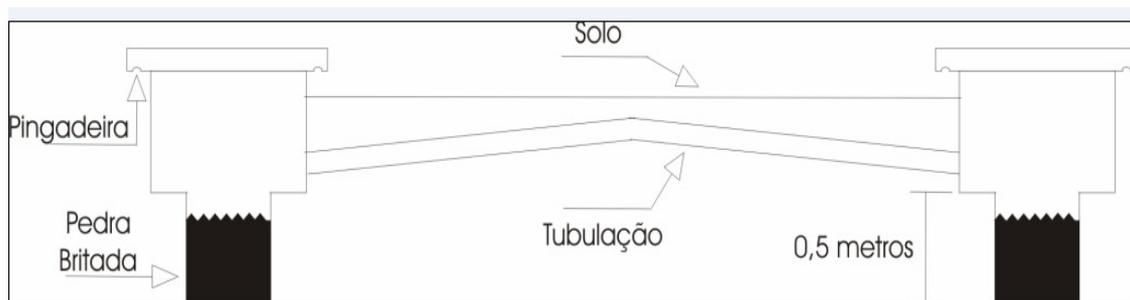


figura 5.2: Tubulação realizada para passagem do cabo de alumínio.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nessa monografia apresenta um apanhado geral de conceitos teóricos e práticos adquiridos durante os anos de estudos a respeito de instalações elétricas residenciais. Passando pelos motivos e pelas conseqüências de suas realizações.

Comentado a questão da substituição do cabo de cobre para o cabo de alumínio. Sendo que, o estudo de caso, chega a um exemplo real de uma instalação elétrica, no modo de se instalar e os critérios utilizados para o uso dos cabos de alumínio, podendo aumentar a motivação ao seu uso e, conseqüentemente, reduzir o custo quanto a cabos elétricos.

O objeto do desenvolvimento do projeto é apresentar o quanto o alumínio, permite fazer ligações e ser utilizado como meio de transmissão e distribuição de energia elétrica, reduzindo consideravelmente o valor final gasto com a instalação elétrica.

Ao final deste trabalho não poderia deixar de considerar aquilo que mais chamou a atenção ao confrontar os dois tipos de cabos utilizados. O grande diferencial foi o que apontaram como fator fundamental para tornar o cabo de alumínio substituto do cabo de cobre: “o seu custo”. Desta forma, é importante ter a consciência do quanto é urgente proporcionar mais experiências e estudos para o seu uso.

Seria pretensioso achar que o assunto do uso de cabos de alumínio para transmissão e distribuição de energia para baixa tensão se resumem a este trabalho, pois muito ainda há para ser pesquisado, discutido e analisado a respeito do assunto. Podendo ainda ser analisada de forma mais sistemática, usando outro tratamento estatístico.

Restam ainda alguns pontos merecedor de atenção, que deveria ser considerado em pesquisa futura. O primeiro motivo é um software capaz de demonstrar a instalação utilizando o cabo de alumínio e o segundo motivo e o uso do alumínio para as ligações em interruptores e tomadas. O que, em última análise torna o cabo de cobre como o único a ser utilizado para esse fim.

Finalmente se conclui, que o uso do cabo de alumínio para transporte e distribuição de energia elétrica para baixa tensão, não sofre alterações em projeto elétrico e muito menos na infra-estrutura para o seu uso. Pois a norma já estabelece critérios para dimensionamento de cabos e quantidade do mesmo nas tubulações de acordo com a seção. Para a determinação do diâmetro do condutor de alumínio é considerada a resistividade do material, assim, o cabo utilizado possui as características idênticas a um cabo de cobre para o mesmo trabalho. Até mesmo os disjuntores de proteção não há o motivo de substituição, caso o consumo previsto seja o mesmo que projetado.

Um maior estudo é extremamente importante para o sucesso do uso de cabo de alumínio, para estar motivado a fazer algo e o prazer é o estímulo da vida.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] GUSSOW, Milton. **Eletricidade Básica**. Tradução Aracy Mendes da Costa. São Paulo: Editora McGraw-Hill Ltda., 1995.

[2] CREDER, Helio. **Instalações Elétricas**. São Paulo: Editora Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 13ª Edição., 1995.

[3] NBR 5410 **Instalações Elétricas de Baixa Tensão**. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, Fevereiro de 2004, 209 páginas.

[4] NBRNM 280 **Condutores de Cabos Isolados**. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, Abril de 2002, 24 páginas.

[5] NBR 5456 **Eletricidade Geral**. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, Junho de 1987, 151 páginas.

[6] NBR 5471 **Condutores Elétricos**. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, Novembro de 1986, 10 páginas.

[7] NBR 11301 **Cálculo da Capacidade de Condução da Corrente de Cabos Isolados em Regime Permanente**. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, Setembro de 1990, 48 páginas.

[8] WATKINS, A.J. **Cálculos de Instalações Elétricas**. São Paulo: Editora Blucher. 2º Volume., 1975.

[9] COTRIM, Ademaro A.M.B. **Instalações Elétricas**. São Paulo: Editora McGraw-Hill. 2ª Edição., 1982.

[10] NEGRISOLI, Manoel. **Instalações Elétricas para Baixa Tensão**. São Paulo: Editora Blucher. 3ª Edição., 1987

[11] **Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica – Abinee**. Disponível em: < <http://www.abinee.org.br/> >. Acesso em: 28 outubro 2009.

[12] **Companhia Energética do Piauí – Cepisa**. Disponível em: < <http://www.cepisa.com.br/> >. Acesso em: 30 outubro 2009.

[13] **Companhia Paulista de Força e Luz – CPFL Energia S.A.**. Disponível em: < <http://www.cpfl.com.br/> >. Acesso em: 31 outubro 2009.

[14] **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. Disponível em: < <http://houaiss.uol.com.br/> >. Acesso em: 8 novembro 2009.

[15] **Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – Inmetro**. Disponível em: < <http://www.inmetro.gov.br/> >. Acesso em: 30 outubro 2009.

[16] **Michaelis – Moderno Dicionário da Língua Portuguesa**. Disponível em: < <http://www2.uol.com.br/michaelis/> >. Acesso em: 8 novembro 2009.

[17] **Michaelis – Moderno Dicionário da Língua Portuguesa**. Disponível em: < <http://www2.uol.com.br/michaelis/> >. Acesso em: 8 novembro 2009.

[18] SEMINARIO NACIONAL DE REDES TELEFONICAS. **Desenvolvimento, Fabricação e Instalação de Cabo Geleado com condutores de Alumínio**. São Paulo: Pirelli, 20 paginas., 1987

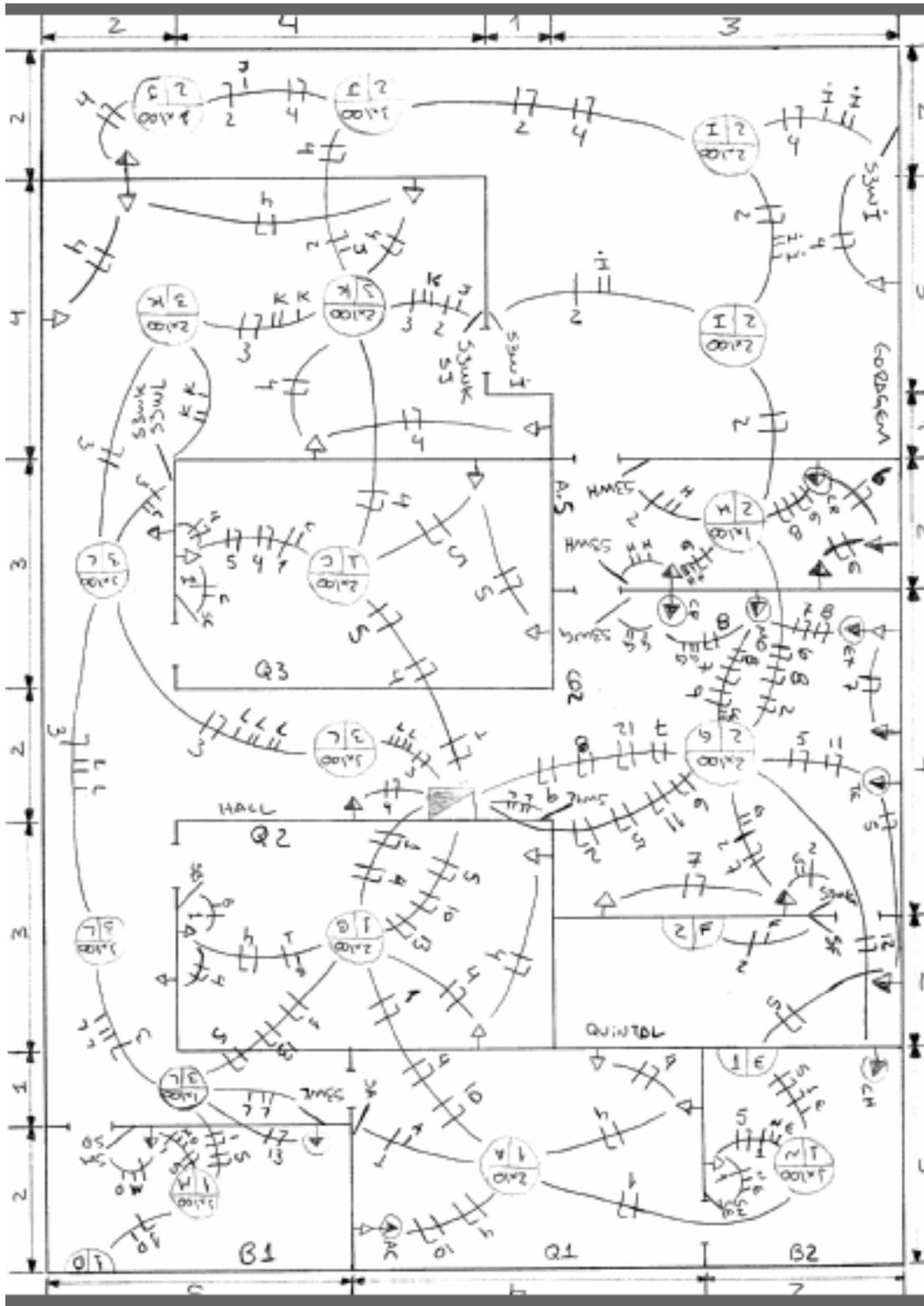
[19] SEMINARIO NACIONAL DE REDES TELEFONICAS. **Desenvolvimento, Fabricação e Instalação de Cabo Geleado com condutores de Alumínio**. São Paulo: Pirelli, 20 paginas., 1987

[20] **Phelps Dodge – International Corp.** Disponível em: < http://www.pdicportuguese.com/Products/Aluminum_PowerCable.htm>. Acesso em: 22 novembro 2009.

[21] **Abal – Associação Brasileira do Alumínio**. Disponível em: < <http://www.abal.org.br.htm>>. Acesso em: 29 novembro 2009.

[22] **Procobre – Aplicações do Cobre**. Disponível em: < <http://www.procobre.org.htm>>. Acesso em: 29 novembro 2009.

Apêndice A – Planta Baixa da Residência



ANEXO 1 – DEFINIÇÕES DE NORMAS

3.2 UNIDADE CONSUMIDORA

Qualquer residência, apartamento, escritório, loja, sala, dependência comercial, depósito, indústria, etc. Individualizado pela respectiva medição.

3.3 PONTO DE ENTREGA DE ENERGIA

É o ponto de conexão do sistema elétrico público com as instalações de utilização de energia elétrica do consumidor; Entrada de serviço de energia elétrica: Conjunto de equipamentos, condutores e acessórios instalados desde o ponto de derivação da rede de energia elétrica pública até a medição.

3.4 POTÊNCIA INSTALADA

É a soma das potências nominais dos aparelhos, equipamentos e dispositivos a serem utilizados na instalação consumidora. Inclui tomadas (previsão de cargas de eletrodomésticos, TV, som, etc.), lâmpadas, chuveiros elétricos, aparelhos de ar-condicionado, motores, etc.;

3.5 ATERRAMENTO

Ligação à terra, por intermédio de condutor elétrico, de todas as partes metálicas não energizadas, do neutro da rede de distribuição da concessionária e do neutro da instalação elétrica da unidade consumidora.

3.6 NORMAS TÉCNICAS CONSULTADAS NA ELABORAÇÃO DO PROJETO

- ABNT (NBR 5410);
- Normas da concessionária elétrica local (CPFL – www.cpfl.com.br);
- Normas específicas aplicáveis.

ANEXO 2 – CRITERIOS NO DESENVOLVIMENTO

2.1 CRITÉRIOS NO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

- Acessibilidade;
- Flexibilidade (para alterações) e reserva de carga (para futuros acréscimos de equipamentos);
- Confiabilidade (obedecer normas técnicas para o perfeito funcionamento e segurança).

2.2 INICIO DA ELABORAÇÃO DO PROJETO DA INSTALAÇÃO ELÉTRICA

A elaboração de um esquema elétrico para uma instalação elétrica envolve varias etapas, desde o estabelecimento de uma estratégia até a determinação dos cabos. Para que uma instalação elétrica atinja a finalidade a que se propõe, deve seguir algumas etapas de elaboração:

Informações preliminares

- Plantas de situação;
- Projeto arquitetônico;
- Projetos complementares;
- Informações do interessado.

Quantificação do sistema

- Levantamento da previsão de cargas (quantidade e potencia nominal dos pontos de utilização – tomadas, iluminação, bombas, etc)

Desenho das plantas

- Desenho dos pontos de utilização;
- Localização dos quadros de Distribuição de Luz;
- Localização dos quadros de força;
- Divisão das cargas em circuitos;
- Desenho das tubulações dos circuitos;
- Localização das caixas de passagem dos pavimentos;
- Localização do quadro geral de baixa tensão e ponto de entrega;
- Desenho das tubulações dos circuitos alimentadores;
- Traçado da fiação dos circuitos alimentadores.

Dimensionamento dos componentes do projeto

- Dimensionamento dos condutores;
- Dimensionamento das tubulações;
- Dimensionamento dos dispositivos de proteção;
- Dimensionamento dos quadros.

Quadros de distribuição

- Quadros de distribuição de carga;
- Diagramas unifilares do quadro de luz;
- Diagramas de força e comando;
- Diagrama unifilar geral.

Memorial descritivo

Descreve o projeto, incluindo dados e documentação do projeto.

Cálculos

- Cálculos das cargas previstas;
- Determinação provável da demanda;
- Dimensionamento de condutores, eletrodutos e dispositivos de proteção.

Condutores Elétricos

- Fio elétrico: Seção circular única (Cu, Al), recoberta por isolamento termoplástico (vermelho, preto, azul, etc).
- Cabo elétrico: Varias seções circulares trançadas.

Iluminação

• Critérios para a determinação da quantidade mínima de pontos de luz:

- 1 ponto de luz no teto para cada recinto, comandado por interruptor de parede;
- arandelas no banheiro devem ter distância mínima de 60cm do boxe;

• Critérios para a determinação da potência mínima de iluminação:

- Para recintos com área < 6m², atribuir um mínimo de 100W;
- Para recintos com área > 6m², atribuir um mínimo de 100W para os primeiros 6m², acrescidos de 60W para cada aumento de 4m² inteiros;

Para iluminação externa em residências a norma não estabelece critérios – cabe ao projetista e ao cliente a definição.

Tomadas

· Critérios para a determinação da quantidade mínima de TUGs:

- · Recintos com área $< 6m^2$ – no mínimo 1 tomada;
- · Recintos com área $> 6m^2$ – no mínimo 1 tomada para cada 5m ou fração de perímetro, espaçadas tão uniformemente quanto possível;
- · Cozinhas e copas – 1 tomada para cada 3,5m ou fração de perímetro, independente da área; acima de bancadas com largura $> 30cm$ prever no mínimo 1 tomada
- · Banheiros – no mínimo 1 tomada junto ao lavatório, a uma distância mínima de 60cm do boxe, independentemente da área
- · Subsolos, varandas, garagens, sótãos – no mínimo 1 tomada, independentemente da área

· Critérios para a determinação da potência mínima de TUGs:

- · Banheiros, cozinhas, copas, áreas de serviço, lavanderias e assemelhados – atribuir 600W por tomada, para as 3 primeiras tomadas e 100W para cada uma das demais;
- · Subsolos, varandas, garagens, sótãos – atribuir 1000W
- · Demais recintos – atribuir 100W por tomada

· Critérios para a determinação da quantidade mínima de TUEs:

- · A quantidade de TUEs é estabelecida de acordo com o número de aparelhos de utilização, devendo ser instaladas a no máximo 1.5m do local previsto para o equipamento a ser alimentado;

· Critérios para a determinação da potência de TUEs:

- Atribuir para cada TUE a potência nominal do equipamento a ser alimentado.

As potências típicas de aparelhos eletrodomésticos deveram ser tabeladas

Tensão dos circuitos

De acordo com o número de fases e a tensão secundária de fornecimento, valem as seguintes recomendações para os circuitos terminais:

- Instalação monofásica: todos os circuitos terminais terão ligação FASE-NEUTRO, na tensão de fornecimento padronizada da concessionária local;

Instalação bi ou trifásica:

- Circuitos de iluminação e TUGs no menor valor de tensão (ou seja, estes circuitos serão monofásicos: ligação FASE-NEUTRO);
- TUEs podem ser ligadas em FASE-FASE (circuitos bifásicos, normalmente utilizados para chuveiros, ar-condicionado, etc.) ou em FASE-NEUTRO (circuitos monofásicos).

Componentes do quadro de distribuição de cargas

Disjuntor geral, barramento de interligação de fases, disjuntores de circuitos terminais, barramento de neutro, barramento de proteção

Tabela quadro de distribuição de cargas, contendo toda a informação sobre a divisão dos circuitos terminais de uma instalação.

ANEXO 3 – REPRESENTAÇÃO DA TUBULAÇÃO E DA FIAÇÃO.

3.1. METODOLOGIA

Uma vez concluída a locação dos pontos na planta baixa e identificados os circuitos terminais, o próximo passo consiste em interligar os mesmos, representando o sistema de tubulação e a fiação correspondente.

- Local o Quadro de Distribuição (próximo ao centro de cargas, etc);
- A partir do Quadro de Distribuição iniciar o traçado dos eletrodutos, procurando os caminhos mais curtos e evitando o cruzamento de tubulações (levar em conta detalhes do projeto estrutural, hidro-sanitário, etc.);
- Interligar inicialmente os pontos de luz (tubulações embutidas no teto), percorrendo e interligando todos os recintos;
- Interligar os interruptores e tomadas aos pontos de luz de cada recinto (tubulações embutidas nas paredes);
- Evitar que caixas embutidas no teto (octogonais 4"x4"x4" de fundo móvel, octogonais 3"x3"x2" fundo fixo) estejam interligadas a mais de 6 eletrodutos, e que as caixas retangulares 4"x4"x2" e 4"x2"x2" embutidas nas paredes se conectem com mais de 4 eletrodutos (ocupação, emendas);
- Evitar que em cada trecho de eletroduto passe quantidade elevada de circuitos (limitar em max. 5), visando minimizar bitola de eletrodutos (comentar conseqüências estruturais) e de fios e cabos (comentar Fator de Correção de Agrupamento), principalmente na saída dos quadros, prever quantidade apropriada de saídas de eletrodutos em função do número de circuitos existentes no projeto;

- Avaliar a possibilidade de utilizar tubulação embutida no piso para o atendimento de circuitos de tomadas baixas e médias;
- Os diâmetros nominais das tubulações deverão ser indicados;
- Concluído o traçado de tubulações, passar à representação da fiação, indicando o circuito ao qual pertence cada condutor e as seções nominais dos condutores, em mm².

3.2. ELETRODUTOS

Funções

- Proteção mecânica dos condutores;
- Proteção dos condutores contra ataques químicos da atmosfera ou ambientes agressivos;
- Proteção do meio contra os perigos de incêndio resultantes de eventuais superaquecimentos dos condutores ou arcos voltaicos;
- Proporcionar aos condutores um envoltório metálico aterrado (no caso de eletrodutos metálicos) para evitar perigos de choque elétrico

Tipos

- Não-metálicos: PVC (rígido e flexível corrugado), plástico com fibra de vidro, polipropileno, polietileno, fibrocimento;
- Metálicos: Aço carbono galvanizado ou esmaltado, alumínio e flexíveis de cobre espiralado.

Em instalações aparentes, o eletroduto de PVC rígido roscável é o mais utilizado, devendo as braçadeiras ser espaçadas conforme as distâncias mínimas estabelecidas pela NBR-5410/97.

- Nos eletrodutos devem ser instalados condutores isolados, cabos unipolares ou multipolares, admitindo-se a utilização de condutor nu em eletroduto isolante exclusivo quando este condutor for de aterramento;
- As dimensões internas dos eletrodutos devem permitir instalar e retirar facilmente os condutores ou cabos após a instalação dos eletrodutos e acessórios. A taxa máxima de ocupação em relação à área da seção transversal dos eletrodutos não deverá ser superior a:
 1. 53% no caso de um condutor ou cabo.
 2. 31% no caso de dois condutores ou cabos.
 3. 40% no caso de três ou mais condutores ou cabos.
- Não deve haver trechos contínuos (sem interposição de caixas ou equipamentos) retilíneos de tubulação maiores que 15m; em trechos com curvas essa distância deve ser reduzida a 3m para cada curva de 90° (em casos especiais, se não for possível obedecer a este critério, utilizar bitola imediatamente superior à que seria utilizada;
- Entre 2 caixas, entre extremidades, entre extremidade e caixa, no máximo 3 curvas de 90° (ou seu equivalente até no máximo 270°); sob nenhuma hipótese prever curvas com deflexão superior a 90°;
- As curvas feitas diretamente nos eletrodutos não devem reduzir efetivamente seu diâmetro interno;
- Eletrodutos embutidos em concreto armado devem ser colocados de forma a evitar sua deformação durante a concretagem (redundâncias);
- Em juntas de dilatação, os eletrodutos rígidos devem ser seccionados, devendo ser mantidas as características necessárias à sua utilização; em eletrodutos metálicos a continuidade elétrica deve ser sempre mantida

3.3. CAIXAS DE DERIVAÇÃO

Têm a função de abrigar equipamentos e/ou emendas de condutores, limitar o comprimento de trechos de tubulação, ou limitar o número de curvas entre os diversos trechos de uma tubulação.

3.4. DISJUNTORES

- Elemento de comando (acionamento manual) e proteção (desligamento automático) de um circuito;
- Intercalado exclusivamente nos condutores fase;
- Pode ser mono, bi ou tripolar (para circuitos mono, bi ou trifásicos);
- Capacidades típicas: 10 A, 15 A, 150 A (~75kW e 220V);
- Características Fusível x Disjuntor;
- Atua pela ação de disparadores: lâmina bimetálica e bobina;
- Tipos mono e multipolar; os multipolares possibilitam proteção adequada, evitando a operação monofásica de motores trifásicos;
- Maior margem de escolha; alguns permitem ajuste dos disparadores;
- Podem ser religados após sua atuação, sem necessidade de substituição;
- Podem ser utilizados como dispositivos de manobra;
- Protegem contra subre corrente e curto-circuito;
- Tem custo mais elevado

3.5. FUSÍVEL

- Operação simples e segura;
- Baixo custo;
- Não permite efetuar manobras
- São unipolares, podem causar danos a motores caso o circuito não possua proteção contra falta de fase;
- Não permite rearme do circuito após sua atuação, devendo ser substituído;
- É essencialmente uma proteção contra curto-circuito;
- Não é recomendável para proteção de sobrecorrentes leves e moderadas

ANEXO 4 – CAPACIDADE DE CORRENTE

Extraída da norma NBR 5410:2004, a tabela abaixo descreve a capacidade de corrente, em ampères (A), para condutores de cobre com isolamento de PVC (70°C), para os métodos de referência B1 e B2.

B1: Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria.

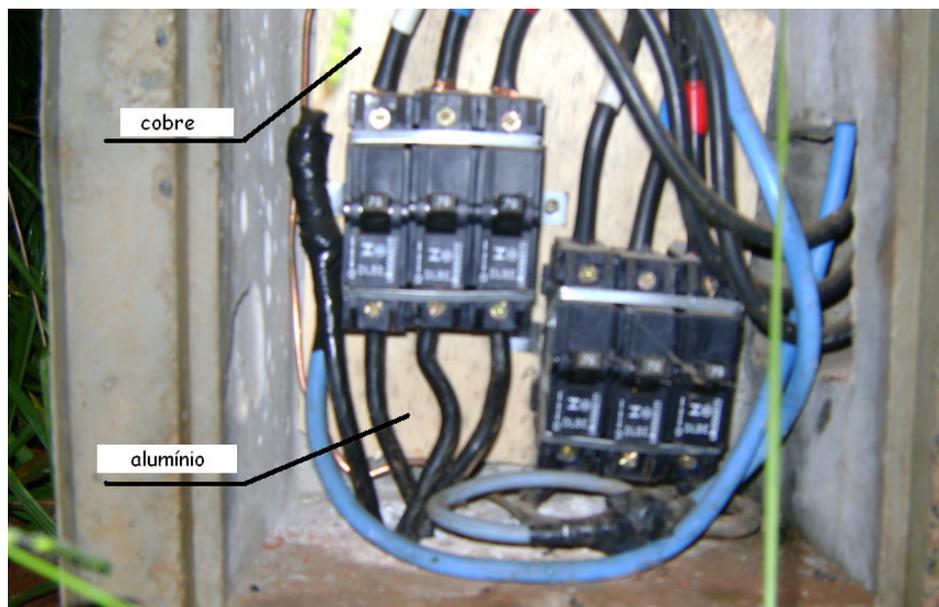
B2: Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria.

SEÇÃO NOMINAL mm ²	B1		B2	
	2 CONDUTORES CARREGADOS	3 CONDUTORES CARREGADOS	2 CONDUTORES CARREGADOS	3 CONDUTORES CARREGADOS
0,5	9	8	9	8
0,75	11	10	11	10
1	14	12	13	12
1,5	17,5	15,5	16,5	15
2,5	24	21	23	20
4	32	28	30	27
6	41	36	38	34
10	57	50	52	46
16	76	68	69	62
25	101	89	90	80
35	125	110	111	99
50	151	134	133	118
70	192	171	168	149
95	232	207	201	179
120	269	239	232	206
150	309	275	265	236
185	353	314	300	268
240	415	370	351	313
300	477	426	401	358
400	571	510	477	425
500	656	587	545	486

ANEXO 5 – DISTÂNCIA ENTRE O POSTE E A CASA



ANEXO 6 – LIGAÇÃO CABO DE ALUMÍNIO NO POSTE



ANEXO 7 – CABO MULTIPLEX DE ALUMÍNIO PARA A DISTRIBUIÇÃO

