

# 12

## INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

### 12.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo apresenta-se os conceitos e as principais etapas para a realização de projetos de instalações elétricas prediais de baixa tensão (até 1000 V), monofásicos a 2 ou a 3 fios, de acordo com as prescrições da norma brasileira NBR 5410 de instalações elétricas de baixa tensão.

No item 12.2 descreve-se sucintamente as etapas principais a serem desenvolvidas na confecção de um projeto, que são posteriormente detalhadas nos seus sub-itens.

No item 12.3 apresenta-se um exemplo de um projeto de uma pequena instalação residencial, com a utilização de um programa computacional, chamado **INTERA**, desenvolvido para a realização, de forma interativa e didática, de um projeto de instalação elétrica residencial. Esse programa encontra-se disponível no site [www.pea.usp.br/enerq](http://www.pea.usp.br/enerq).

### 12.2 ROTEIRO DE UM PROJETO DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA RESIDENCIAL

As atividades técnicas relativas à confecção de um projeto de instalações elétricas podem ser divididas nas seguintes etapas principais, que serão descritas nos itens subseqüentes:

- Alocação dos pontos de consumo: consiste na distribuição de tomadas de uso geral e específico, bem como dos pontos de luz;
- Alocação do Quadro de Distribuição: consiste na localização do quadro de distribuição na planta civil;
- Traçado de eletrodutos: consiste na distribuição de eletrodutos, para a alimentação dos pontos de consumo;
- Caixas de passagem: consiste na distribuição de caixas de passagem para a instalação, para permitir conexões de condutores e sua manutenção futura;
- Definição de circuitos parciais: consiste na definição de circuitos parciais, monofásicos ou bifásicos, que suprirão os diversos blocos de carga, nos quais a carga total será dividida;
- Atribuição de cargas a circuitos parciais: consiste na definição de quais pontos de consumo pertencem a cada um dos circuitos pré-definidos, de forma que cada circuito seja dimensionado, controlado e protegido independentemente;

- **Distribuição de condutores:** consiste na distribuição dos condutores (fase, neutro e proteção/terra) para cada um dos circuitos parciais, que alimentam os pontos de consumo, através dos eletrodutos;
- **Cálculo das correntes e dimensionamento dos condutores:** consiste no cálculo da corrente de cada um dos circuitos parciais, a partir da demanda dos pontos de consumo que atende, possibilitando o dimensionamento dos condutores da instalação, por critérios de carregamento e queda de tensão;
- **Definição da proteção:** que consiste no dimensionamento dos disjuntores de baixa tensão a serem utilizados no quadro de distribuição.

### 12.2.1 ALOCAÇÃO DOS PONTOS DE CONSUMO

A marcação dos pontos de consumo deve ser feita na planta baixa da edificação, em escala adequada, dos pontos de iluminação, das tomadas de uso geral, das tomadas para aparelhos específicos e dos interruptores.

Os **pontos de luz** devem ser alocados com base no projeto luminotécnico do ambiente. No caso de instalações simples, onde o número de luminárias é reduzido, o projeto de luminotécnica pode ser dispensado, valendo-se apenas da experiência do projetista e do arquiteto.

Entretanto para a determinação das cargas de iluminação em unidades residenciais pode ser adotado o seguinte critério:

- em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a  $6\text{m}^2$  deve ser prevista uma carga mínima de uma lâmpada incandescente de 100 W;
- em cômodos ou dependências com área superior a  $6\text{m}^2$  deve ser prevista uma carga mínima de uma lâmpada incandescente de 100 W para os primeiros  $6\text{m}^2$ , acrescida de 60 W para cada aumento de  $4\text{m}^2$  inteiros.

As **tomadas específicas** são aquelas destinadas ao suprimento de aparelhos determinados, geralmente não portáteis, tais como: chuveiros, geladeiras, condicionadores de ar, etc. As demais tomadas, destinadas à ligação dos demais aparelhos, são denominadas de uso geral.

Nas unidades residenciais e acomodações de hotéis, motéis e similares, o número de tomadas de corrente para uso não específico (tomadas de uso geral) deve ser fixado de acordo com o critério seguinte:

- em banheiros, pelo menos uma tomada junto ao lavatório;

- em cozinhas, copas e copas-cozinhas, no mínimo uma tomada para cada 3,5 m, ou fração de perímetro, sendo que acima de cada bancada com largura igual ou superior a 0,30 m deve ser prevista pelo menos uma tomada;
- em subsolos, varandas, garagens e sótãos, pelo menos uma tomada;
- nos demais cômodos e dependências, se a área for igual ou inferior a 6m<sup>2</sup>, pelo menos uma tomada; se a área for superior a 6m<sup>2</sup>, pelo menos uma tomada para cada 5m ou fração de perímetro, espaçadas tão uniformemente quanto possível.

As tomadas de uso específico devem ser instaladas no máximo a 1,5 m do local previsto para o equipamento a ser alimentado.

Devem ser atribuídas as seguintes potências para as tomadas:

- para as tomadas de uso específico, a potência nominal do equipamento a ser alimentado;
- para as **tomadas de uso geral** em banheiros, cozinhas, copas, copa-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo 600 VA por tomada, até 3 tomadas e 100 VA por tomada, para as excedentes;
- para as tomadas de uso geral nos demais cômodos ou dependências, no mínimo 100 VA por tomada.

A alocação dos **interruptores**, bem como seu tipo, deve levar em conta a posição das portas, a circulação das pessoas e deve ser analisada previamente com o cliente.

Fundamentalmente há três tipos de interruptores:

- simples, que apresenta dois estados – aberto/fechado – e 2 terminais. São utilizados para promover a descontinuidade ou a continuidade de um circuito elétrico, conforme esteja na posição aberto ou fechado;
- paralelo, que apresenta duas posições e três terminais, um central e dois auxiliares. Quando acionado, conecta o terminal central ao outro terminal auxiliar ao qual não estava conectado. Este interruptor é utilizado em circuitos, ditos “paralelos”, onde se comanda uma carga (usualmente de iluminação) de 2 pontos, como por exemplo nas extremidades de uma escada;
- intermediário, que apresenta duas posições e quatro terminais, que se ligam 2 a 2, alternando-se essa ligação ao comando do usuário. Esse interruptor é utilizado para acionar uma carga comandada por um circuito “paralelo”, de um local diferente daqueles onde os interruptores paralelos se situam.

A figura 12.1 apresenta circuitos com aplicações dos interruptores simples, paralelo e intermediário.

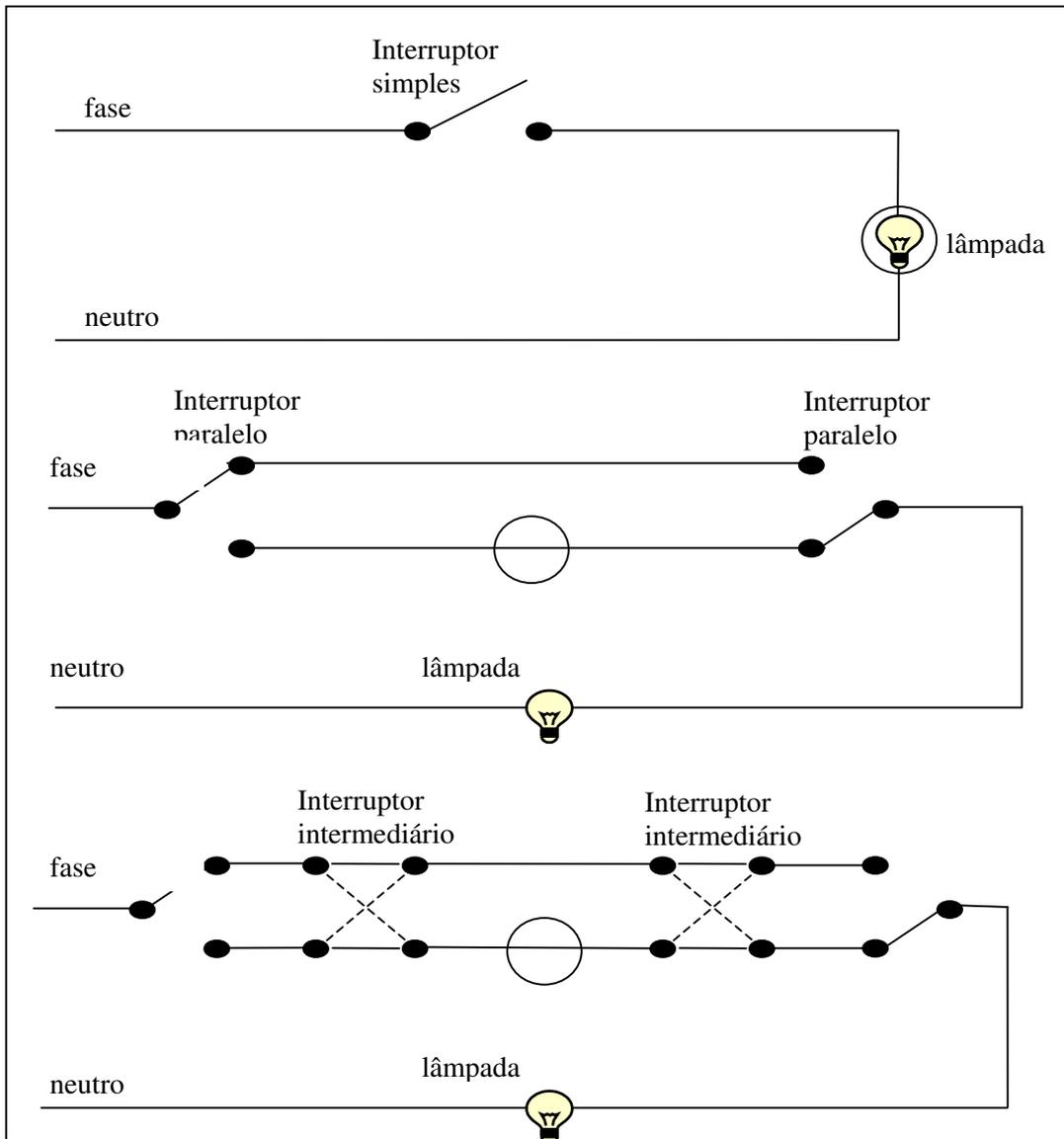


Figura 12.1 – Circuitos com Interruptores

### 12.2.2 QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO, ELETRODUTOS E CAIXAS DE PASSAGEM

O **Quadro de Distribuição** deve ser instalado o mais próximo possível do centro de carga da instalação de forma consistente com o projeto civil da instalação, considerando aspectos estéticos e de acesso.

O traçado dos **eletrodutos** deve ser implementado de forma a minimizar as quantidades de materiais a serem utilizados, evitando-se interferências com as outras instalações prediais (água, esgoto, gás, etc) e os elementos estruturais da construção. Deve-se também atentar para os problemas de execução e manutenção, evitando-se por exemplo o excesso de eletrodutos e de condutores em **caixas de passagem**, reduzindo-se os cruzamentos de eletrodutos no interior das paredes e lajes, posicionando as caixas em lugares de fácil acesso, etc.

### 12.2.3 DEFINIÇÃO DE CIRCUITOS PARCIAIS E DISTRIBUIÇÃO DOS CONDUTORES

Após a fixação das cargas nos pontos de consumo, adota-se os seguintes critérios para a divisão das cargas entre os circuitos elétricos:

- Prever circuitos individualizados em função do tipo de aparelhos que alimentam, como por exemplo, circuitos distintos para iluminação, tomadas, motores, etc;
- Dividir a carga de iluminação em vários circuitos, que atendem diversos ambientes da edificação;
- Prever condutores compatíveis com os terminais e com as cargas dos aparelhos e tomadas que irão ser atendidas;
- Agrupar cargas nos circuitos de modo a respeitar a máxima capacidade de condução de corrente dos condutores, bem como a sua queda de tensão admissível, prevendo-se ainda uma margem de segurança para acréscimos de carga (por exemplo de 20%).

No caso de quartos de hotéis, residências e similares, é aceitável o agrupamento, em um mesmo circuito de cargas de iluminação e tomadas, exceto em cozinhas, copas e áreas de serviço, onde as tomadas devem ser supridas por circuitos exclusivos. Devem ser previstos circuitos independentes para as cargas acima de 1500 VA (porém as de mesmo tipo podem ser alimentadas pelo mesmo circuito).

É usual fixar-se a carga máxima de 1500 VA nos circuitos em 110/127 V, objetivando-se o uso de condutor de 1,5 mm<sup>2</sup>, que é a bitola mínima utilizada em instalações prediais.

A **distribuição de condutores** de uma instalação deve ser realizada para cada um dos circuitos parciais pré-definidos, respeitando-se as cargas monofásicas (alimentadas com uma fase e um neutro) e as cargas bifásicas (alimentadas com duas fases), o fio terra que

deve estar presente em todas as tomadas, bem como o balanceamento de carga, sempre que possível, entre as fases da instalação.

#### 12.2.4 DIMENSIONAMENTO DOS CIRCUITOS PARCIAIS

O dimensionamento dos circuitos parciais de uma instalação objetiva a especificação da seção dos condutores da fase e do neutro que constituem os circuitos parciais, bem como a especificação das características gerais dos seus equipamentos de proteção e manobra (disjuntores de baixa tensão). Além disso, são apresentados também os procedimentos para o dimensionamento dos eletrodutos.

Esta etapa se fundamenta nos seguintes elementos:

- Diagrama unifilar dos circuitos parciais;
- Tabela de cargas por circuito;
- Tabela de capacidade de corrente dos condutores, adequada para os tipos de instalações utilizadas;
- Tabela de correção de capacidade de condução de corrente em função do número de condutores em um mesmo eletroduto (fator de agrupamento) e da temperatura ambiente, quando for o caso;
- Tabela de queda de tensão em função da carga e do comprimento dos circuitos;
- Tabela de dimensionamento de eletrodutos;
- Tabela de características gerais de disjuntores de baixa tensão.

Em função dos resultados obtidos neste dimensionamento, é possível que haja necessidade de reavaliar alguns aspectos definidos nos itens anteriores, tais como: quantidade de condutores em um mesmo eletroduto, alteração de caminhamento de eletrodutos e a redistribuição de cargas.

Há dois critérios básicos que devem ser obedecidos no dimensionamento elétrico dos circuitos de uma instalação predial:

- capacidade de corrente,
- queda de tensão admissível.

Estes dois aspectos estão contemplados em disposições de norma e em características técnicas dos materiais que os fabricantes garantem.

Com respeito ao tipo dos condutores em instalações prediais residenciais e comerciais, observa-se que usualmente são utilizados condutores isolados de cobre instalados em eletrodutos embutidos na parede. Existem raras exceções que não são tratadas neste texto. Os tipos de isolamento usualmente utilizados são PVC/70°C e EPR/XLPE.

A primeira providência a ser tomada para o dimensionamento de um circuito parcial é identificar o tipo de carga que atende e, calcular a corrente total correspondente.

Conforme o tipo de carga, por norma, as seções dos condutores de fase e de neutro deverão ser iguais ou superiores aos seguintes valores:

- iluminação.....1.5 mm<sup>2</sup>
- tomadas de corrente .....2.5 mm<sup>2</sup>
- aquecedor de água em geral.....2.5 mm<sup>2</sup>
- máquina de lavar roupa.....4.0 mm<sup>2</sup>
- aparelhos de ar condicionado.....2.5 mm<sup>2</sup>
- fogões elétricos .....6.0 mm<sup>2</sup>

Nota-se que o condutor neutro deve ter a seção igual à do condutor de fase, salvo em casos especiais que via de regra não ocorrem em instalações prediais.

A seguir deve-se calcular a corrente de carga do circuito, o que usualmente é feito a partir da soma das potências nominais (instaladas) correspondentes às instalações que são atendidas pelo circuito, através da expressão:

$$I = \frac{P_{\max}}{V \cos \varphi}$$

onde:  $P_{\max}$  é a carga do circuito (W);

$V$  é a tensão nominal do circuito (V);

$\cos \varphi$  é o fator de potência.

Quando o fator de potência não é o mesmo para todas as cargas do circuito, calcula-se inicialmente as potências ativa e reativa totais do circuito, obtendo-se o fator de potência pela relação  $Q_{\max} = P_{\max} \tan \varphi$ .

Conhecendo-se a corrente do circuito, deve-se determinar a seção adequada dos condutores do circuito, através da pesquisa do cabo de menor seção que suporta a corrente da carga, consultando-se a tabela - Capacidade de Corrente de Condutores, da Norma NBR 5410, para eletrodutos embutidos em alvenaria.

Observa-se, entretanto que essa tabela apresenta as capacidades para cabos com isolamento de PVC e de XLPE, operando à temperatura ambiente de 30°C, instalados em eletrodutos contendo 2 ou 3 cabos carregados. Em situações distintas, é necessário aplicar correções sobre os valores de correntes preconizados nessa tabela. As tabelas de Fatores de Correção para Temperaturas Ambientais Diferentes de 30°C, e de Fatores de Correção para Agrupamentos de Cabos em Eletrodutos, apresentam os fatores de correção pelos

quais as correntes devem ser multiplicadas para se obter as capacidades finais dos condutores quando submetidos as diferentes condições de instalação.

### 12.2.5 DIMENSIONAMENTO DO ALIMENTADOR

Analogamente ao prescrito para circuitos parciais, o dimensionamento do alimentador principal da residência inicia-se pela determinação da carga que atende. Entretanto neste caso, a consideração simplesmente da soma das potências das cargas que o alimentador atende pode provocar o seu superdimensionamento, uma vez que a demanda simultânea, correspondente a um grupo de cargas de funcionamento não contínuo, é estatisticamente inferior a essa soma.

Esse aspecto da não simultaneidade da ocorrência da demanda máxima é levado em conta através da consideração do fator de diversidade (ver capítulo 10 – Fornecimento).

Assim sendo, a demanda de um alimentador se determina através da soma das potências de todas as cargas que o alimentador atende considerando os correspondentes fatores de diversidade.

Os fatores de diversidade são coeficientes empíricos, menores ou iguais a um, associados a grupos de cargas de mesma natureza, estabelecidos por norma ou por Concessionárias de Energia Elétrica.

De posse da demanda máxima correspondente às cargas atendidas pelo alimentador, procede-se de modo análogo ao dimensionamento de circuitos parciais para se selecionar a seção do condutor mais adequado.

### 12.2.6 VERIFICAÇÃO DA QUEDA DE TENSÃO

Além dos alimentadores e dos circuitos parciais apresentarem a suficiente capacidade de corrente para atender a sua carga, o suprimento deve ser feito respeitando limites adequados de tensão, estabelecidos por norma.

O cálculo da queda de tensão ( $\Delta V$ ) num trecho de um circuito, por exemplo bifásico, pode ser efetuado de modo aproximado, através da expressão:

$$\Delta V = I \cdot (2l) \cdot (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

onde:

$I$  é a corrente passante no trecho considerado;

$l$  é o comprimento do trecho do circuito;

$R$  é a resistência do condutor por unidade de comprimento;

$X$  é a reatância do condutor por unidade de comprimento;  
 $\cos \varphi$  é o fator de potência da carga.

Em um certo trecho de circuito, conhecendo-se a reatância do cabo fixado, e o fator de potência, usualmente o comprimento é tabelado em função da corrente, para um dado valor de queda de tensão. Com isso é possível verificar, de forma expedita, se um circuito (ou trecho de circuito) com uma determinada corrente, constituído por um determinado cabo, não transgredir os limites de tensão preconizados por norma. Há referências que apresentam quedas de tensão calculadas para correntes e comprimentos unitários.

As quedas de tensão dos alimentadores e dos circuitos correspondentes parciais devem ser compostas para a obtenção da queda de tensão resultante.

Caso os níveis de tensão não forem respeitados com a utilização do condutor definido pelo critério de dimensionamento por carregamento, deve-se escolher um outro condutor de seção maior de modo que esta condição seja satisfeita.

### 12.2.7 DIMENSIONAMENTO DA PROTEÇÃO

Devem ser previstos dispositivos de proteção em cada circuito parcial e em cada alimentador, de modo que níveis de correntes que poderiam causar danos aos condutores sejam interrompidos em período adequado.

Fundamentalmente, há duas condições que devem provocar a atuação dos dispositivos de proteção: sobrecargas e curto circuito.

Os dispositivos de proteção são usualmente constituídos por disjuntores termomagnéticos (ver capítulo 9) ou por fusíveis, devendo apresentar funcionamento adequado, garantido por convenientes valores de:

- corrente nominal ( $I_n$ )
- corrente que assegura efetivamente a operação do dispositivo ( $I_2$ ), durante sobrecargas ou curto-circuitos
- tempo de atuação do dispositivo ( $t$ ), quando ocorrem sobrecargas ou curto-circuitos.

A escolha do dispositivo de proteção contra sobrecarga, para um determinado circuito ou alimentador, se baseia em critérios estabelecidos por norma, que pressupõem o conhecimento de:

- corrente de projeto ( $I_b$ ), que é a corrente máxima que a carga pode solicitar;
- capacidade máxima de condução do condutor ( $I_z$ );
- o tipo de dispositivo que será utilizado (fusível ou disjuntor);

- correntes  $I_n$  (nominal) e  $I_2$  (corrente de atuação), do tipo de dispositivo a ser utilizado.

A norma NBR 5410 impõe 3 condições para a coordenação:

- a1)  $I_b \leq I_n$ , o que normalmente acontece, pois a corrente de carga tem que necessariamente ser inferior ou igual à corrente máxima suportada pelo condutor.
- a2)  $I_n \leq I_z$ , o que assegura que potencialmente o dispositivo de proteção atua antes que se atinja a corrente máxima suportada pelo condutor.
- b)  $I_2 \leq 1.45 I_z$ , o que representa uma margem de segurança, que garanta que o dispositivo de proteção atue quando ocorre uma corrente suficientemente menor que a máxima suportada pelo condutor.

Quando se utiliza disjuntores é suficiente que sejam verificadas as condições (a1) e (a2), uma vez que  $I_2$  é menor que  $1.45 I_n$ . Entretanto nos fusíveis, devem ser verificadas as três condições e pode ser utilizada a seguinte regra para a determinação de  $I_2$ , em função da corrente nominal  $I_n$ :

- |                                 |                  |
|---------------------------------|------------------|
| • para $I_n \leq 10$ A          | $I_2 = 1.90 I_n$ |
| • para $10$ A $< I_n \leq 25$ A | $I_2 = 1.75 I_n$ |
| • para $I_n > 25$ A             | $I_2 = 1.60 I_n$ |

Para assegurar que os condutores também estejam protegidos contra os efeitos danosos de um curto circuito é necessário que o dispositivo de proteção tenha capacidade de suportar e de interromper a corrente de curto circuito (capacidade disruptiva), em um intervalo de tempo inferior aquele que o danifica.

Para tanto é necessário verificar se:

$$t < (k^{**2} \times S^{**2}) / I_{cc}^{**2}$$

onde:  $k = 115$  para condutores de cobre, com PVC/70;

$k = 135$  para condutores de cobre, com XLPE;

$S$  é a seção do condutor em  $\text{mm}^2$ ;

$I_{cc}$  é a corrente de curto circuito, em A;

$t$  é o tempo de atuação do dispositivo para a corrente  $I_{cc}$ .

### 12.3 EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO PROGRAMA INTERA PARA O PROJETO DE UMA INSTALAÇÃO ELÉTRICA RESIDENCIAL

O programa computacional **INTERA** tem por objetivo a realização, de forma **interativa** e didática, de um projeto de instalação elétrica residencial. Este programa foi concebido por Professores do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Universidade de São Paulo, para o ensino de projetos de instalações elétricas de baixa tensão residenciais.

Com o objetivo didático o **INTERA** permite a realização de projeto de instalação sobre plantas civis residenciais pré-estabelecidas. A interatividade se realiza pela independência da distribuição dos principais elementos da instalação. O processo iterativo se desenvolve pela proposta de solução apresentada pelo usuário, na medida em que suas ações, de por exemplo, locar pontos de carga, selecionar e posicionar eletrodutos e especificar fios, são verificadas e consistidas pelo programa, que as aceita ou rejeita, conforme à norma ABNT, NBR 5410 de instalações elétricas de baixa tensão.

O presente item parte de um roteiro de realização de um projeto genérico de instalação elétrica residencial, para depois aplicá-lo, passo a passo, sobre uma planta civil real, utilizando o programa **INTERA**.

A utilização do programa **INTERA** parte da definição de um novo projeto de instalação elétrica (opção *Criar Projeto*). Este projeto deve ser baseado em uma das plantas civis fornecidas conjuntamente com o programa. A planta civil é dividida em diversos cômodos. A figura 12.2 apresenta a tela inicial do programa **INTERA**, com a definição de um novo projeto denominado arbitrariamente *Tutorial1*, baseado na planta civil internamente chamada de *Kitnet*.

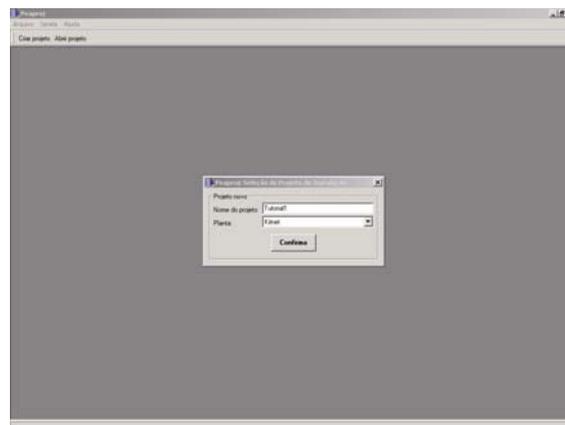


Figura 12.2 – Definição de um novo projeto

A partir da confirmação deste novo projeto *Tutorial1*, aparece na tela, a planta civil com definição das paredes, das portas e das janelas. Na planta civil da figura 12.3 (que conta com três cômodos: quarto/sala à esquerda, banheiro à direita acima, e cozinha à direita abaixo), as paredes aparecem em amarelo, as portas em azul e as janelas em verde. Estas informações gráficas, assim como os demais elementos gráficos da instalação elétrica, podem ser configurados (cor, espessura, etc.) através do botão *Configura*.

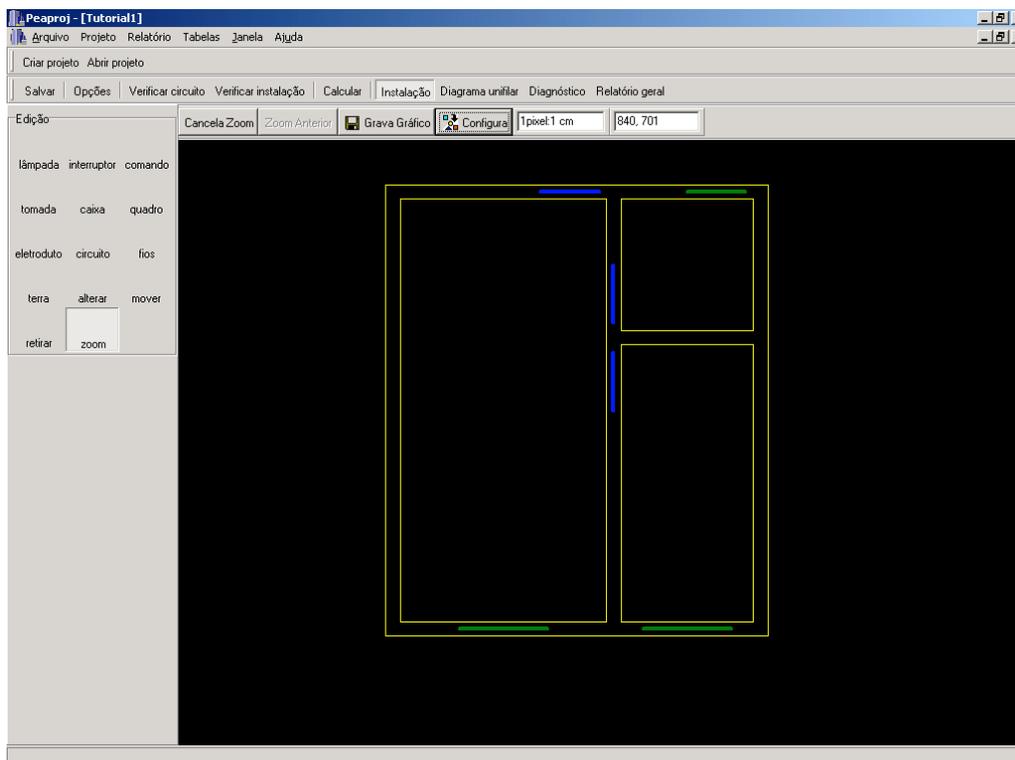


Figura 12.3 – Projeto Tutorial1 sobre a planta civil Kitnet

Também é possível continuar o projeto de instalação elétrica a partir de um projeto previamente iniciado e salvo em alguma mídia (opção *Salvar*, que armazena em mídia os elementos inseridos, e a opção *Abrir projeto*, para continuação a partir de um dado ponto, conforme figura 12.3).

Para a edição dos diversos elementos da instalação, devem ser utilizadas as opções de *Edição*, localizadas à esquerda da tela. As opções são as seguintes:

*lâmpada*: permite a alocação de pontos de luz em cômodos da planta civil;

*interruptor*: permite a alocação de interruptores para o acionamento de pontos de luz da instalação;

*comando*: possibilita a associação de um ou mais interruptores (1 interruptor simples para um ponto de acionamento, 2 interruptores paralelos para 2 pontos de acionamento ou 1 intermediário e 2 paralelos para 3 pontos de acionamento) com um ou mais pontos de luz;

*tomada*: permite a alocação de tomadas de uso geral ou uso específico nos cômodos da planta civil;

*caixa*: alocação de caixas de passagem nas paredes;

*quadro*: alocação do quadro de distribuição;

*eletroduto*: alocação de eletrodutos para alimentação dos pontos de consumo;

*circuito*: para definição dos circuitos da instalação;

*carga*: para associação entre cada ponto de consumo (ponto de luz ou tomada) com um circuito parcial;

*fios*: para definição dos condutores de fase, neutro e retorno, por circuito parcial;

*terra*: para distribuição dos condutores de proteção nas tomadas da instalação;

Além disso, outras opções da *Edição* dizem respeito a:

*alterar*: permite a alteração de dados de um elemento da instalação;

*mover*: permite modificar a localização de um dado elemento da instalação;

*retirar*: permite remover elementos da instalação;

*zoom*: permite aplicar zoom sobre áreas específicas da instalação.

O primeiro passo do roteiro descrito no item 2, consiste na instalação de pontos de consumo, isto é, pontos de luz e tomadas. Para os pontos de luz, selecionando a opção *lâmpada* podem ser alocadas lâmpadas nos cômodos da instalação. O programa INTERA fornece uma sugestão de potência instalada em lâmpadas incandescentes por cômodo (basta o *mouse* estar no cômodo). A figura 12.4 ilustra a alocação de 2 pontos de luz em um dos cômodos (quarto/sala), com potência em lâmpadas incandescentes sugerida para 280 W, em função das dimensões do cômodo. O programa permite a definição de lâmpadas incandescentes ou lâmpadas fluorescentes, de teto ou de parede (arandela).

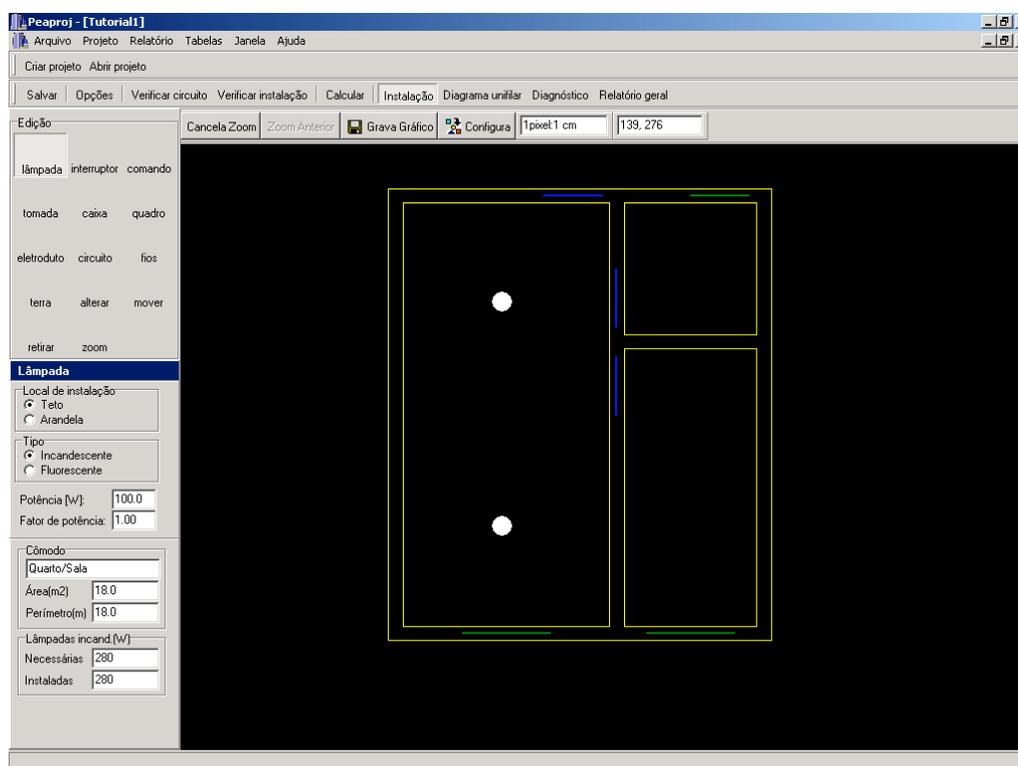


Figura 12.4 – Pontos de Luz em um Cômodo

A instalação de tomadas é análoga, através da opção *tomada*, podendo ser selecionada a altura da tomada (baixa, média ou alta) e o tipo (uso geral ou específico). Também, em função das dimensões do cômodo, sugere-se o número de tomadas de uso geral. Para as tomadas de uso específico, o usuário deve definir a potência instalada do equipamento. A figura 12.5 ilustra a instalação das 4 tomadas de uso geral sugeridas no cômodo quarto/sala.

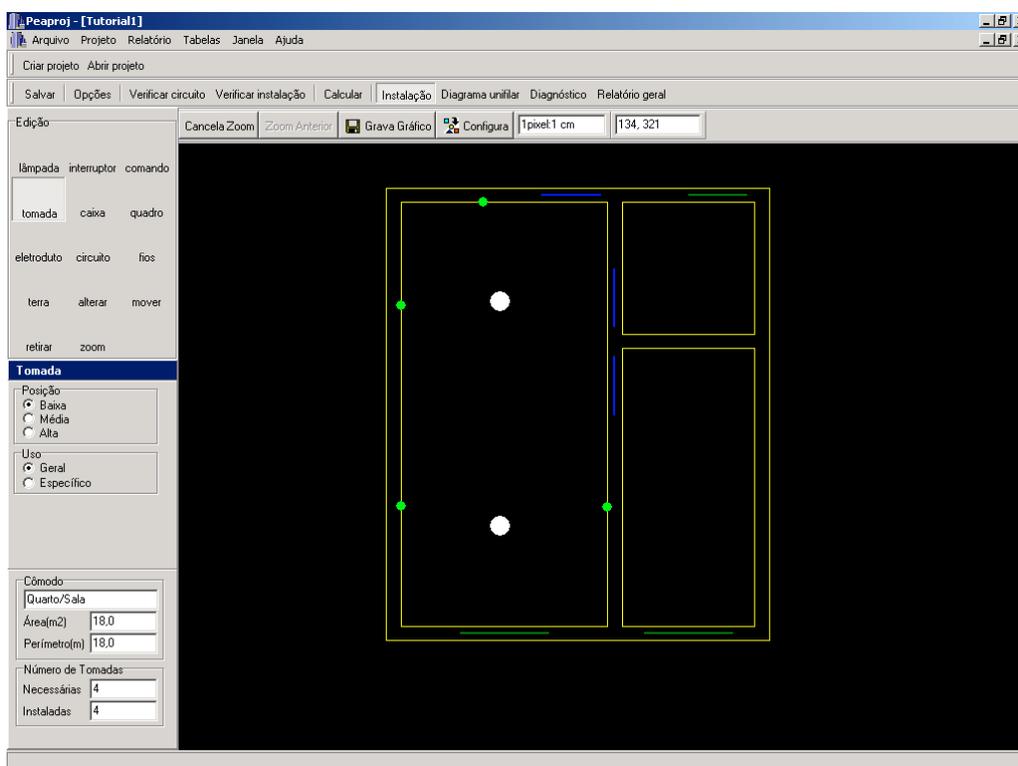


Figura 12.5 – Alocação de tomadas em um cômodo

A opção *interruptor* permite a alocação de interruptores para o acionamento de pontos de luz (podem ser definidos interruptores do tipo simples, paralelo ou intermediário). A opção *quadro* permite a alocação do quadro de distribuição. A figura 12.6 ilustra a alocação de um interruptor paralelo no quarto/sala para acionamento dos dois pontos de luz deste cômodo, bem como a instalação do quadro de distribuição.

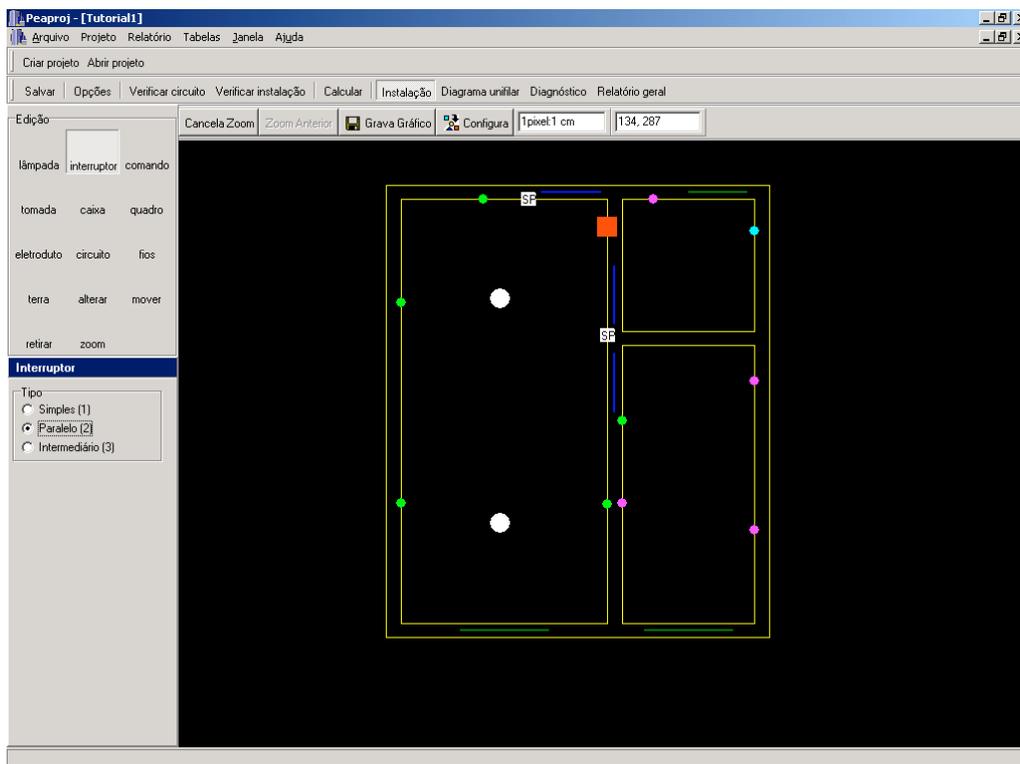


Figura 12.6 – Alocação de Interruptores paralelo e Quadro de Distribuição de Luz

O programa **INTERA** possibilita a determinação do centro de carga da instalação, que possibilita uma melhor escolha do local de instalação do Quadro de Distribuição. Para tanto, deve se utilizar o botão *Configura* e selecionar a opção *Centro de Carga*, conforme figura 12.7. O quadrado menor, em vermelho, no cômodo banheiro, representa o centro de carga da instalação. Nota-se que a localização do quadro está relativamente próxima a este local. O centro de carga ficou bastante deslocado, pois no banheiro foi selecionada tomada de uso específico, para o chuveiro, com 3000 W de potência instalada.

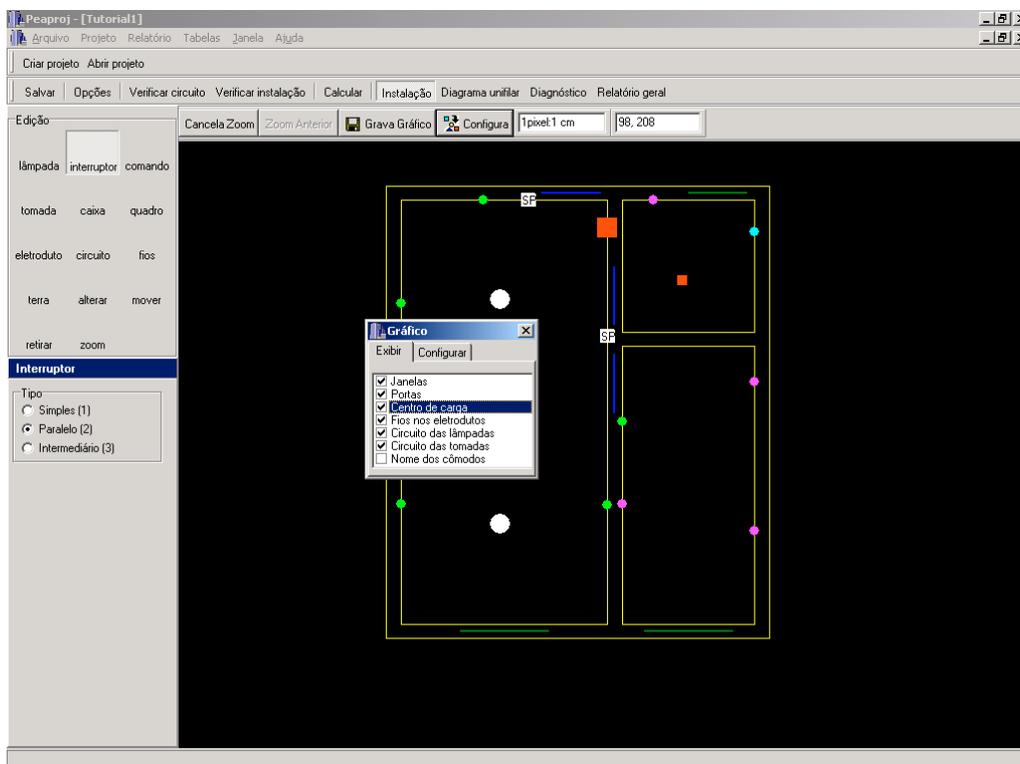


Figura 12.7 – Centro de Carga

Interruptores devem ser associados aos pontos de luz que acionam através do botão de edição *comando*. Basta 'clique' no interruptor e, em seguida, no(s) ponto(s) de luz acionado(s). A figura 12.8 ilustra a operação da associação dos dois interruptores paralelo com os pontos de luz do quarto/sala.

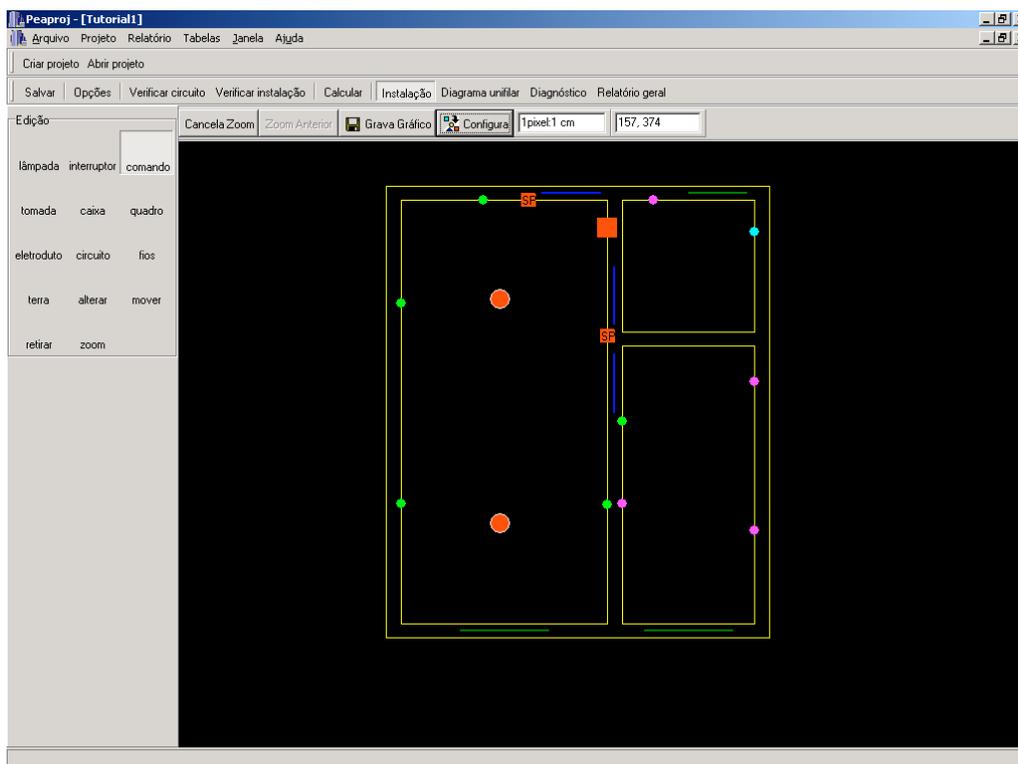


Figura 12.8 – Opção comando para associar interruptor(es) e ponto(s) de luz (em vermelho)

Uma vez distribuídos e alocados os pontos de consumo, interruptores e quadro de distribuição de luz, podem ser distribuídos os eletrodutos da instalação elétrica. No programa INTERA, cada segmento de eletroduto é definido entre dois elementos genéricos (ponto de luz, tomada, quadro de distribuição, caixa de passagem ou interruptor). A figura 12.9 ilustra a instalação de um eletroduto entre dois elementos (quadro de distribuição e ponto de luz). Os eletrodutos podem ser do tipo teto, parede ou piso.

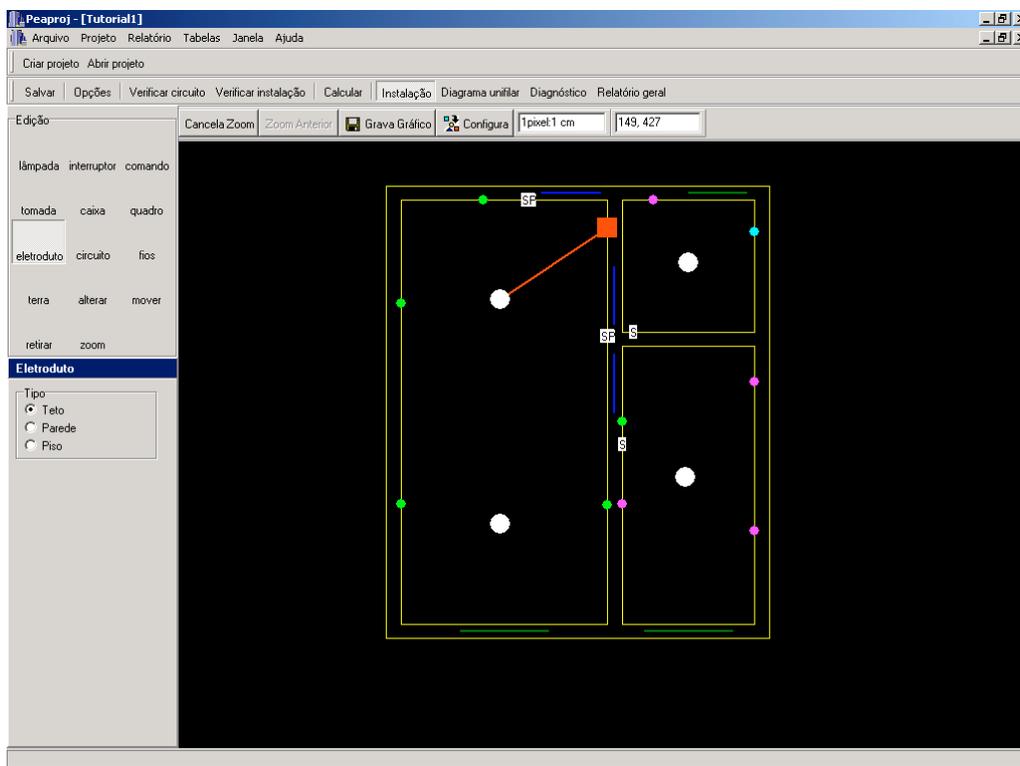


Figura 12.9 – Alocação de um segmento de eletroduto entre QD e ponto de luz

Após a distribuição dos eletrodutos na instalação (note que todos os pontos de consumo devem ter caminho conexo por segmentos de eletrodutos até o quadro de distribuição), utilizando a opção de Edição *circuito*, podem ser definidos os circuitos parciais, em função do tipo de pontos de consumo (no exemplo, circuito 1 para as tomadas de uso geral, circuito 2 para os pontos de luz e circuito 3 para a tomada de uso específico – chuveiro). A figura 12.10 ilustra a definição do circuito 3, para o chuveiro, que é alimentado pelas duas fases da instalação (A e B).

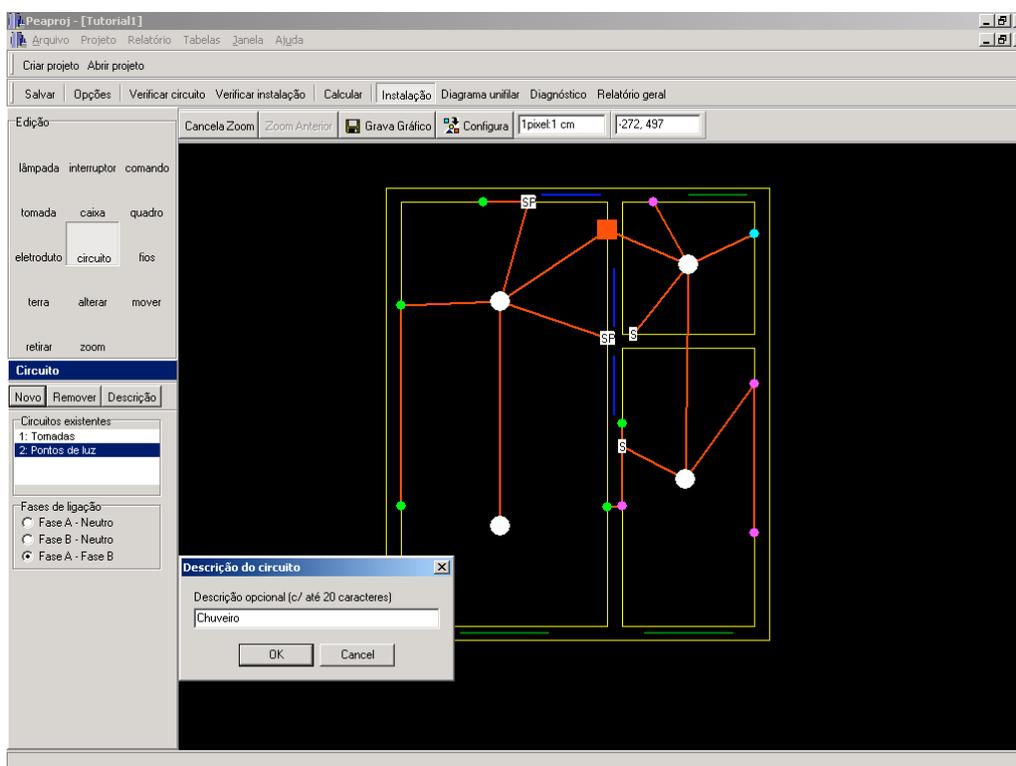


Figura 12.10 – Definição do circuito 3, bifásico AB, para alimentação do chuveiro

Uma vez definidos os circuitos parciais, devem ser associadas as cargas de cada circuito parcial através da opção *carga*. Para tanto, basta selecionar o circuito parcial e 'clique' em cada uma das cargas (ponto de consumo – tomada ou ponto de luz) pertencente ao circuito. A figura 12.11 ilustra a instalação, com todas as cargas associadas aos 3 circuitos parciais definidos.

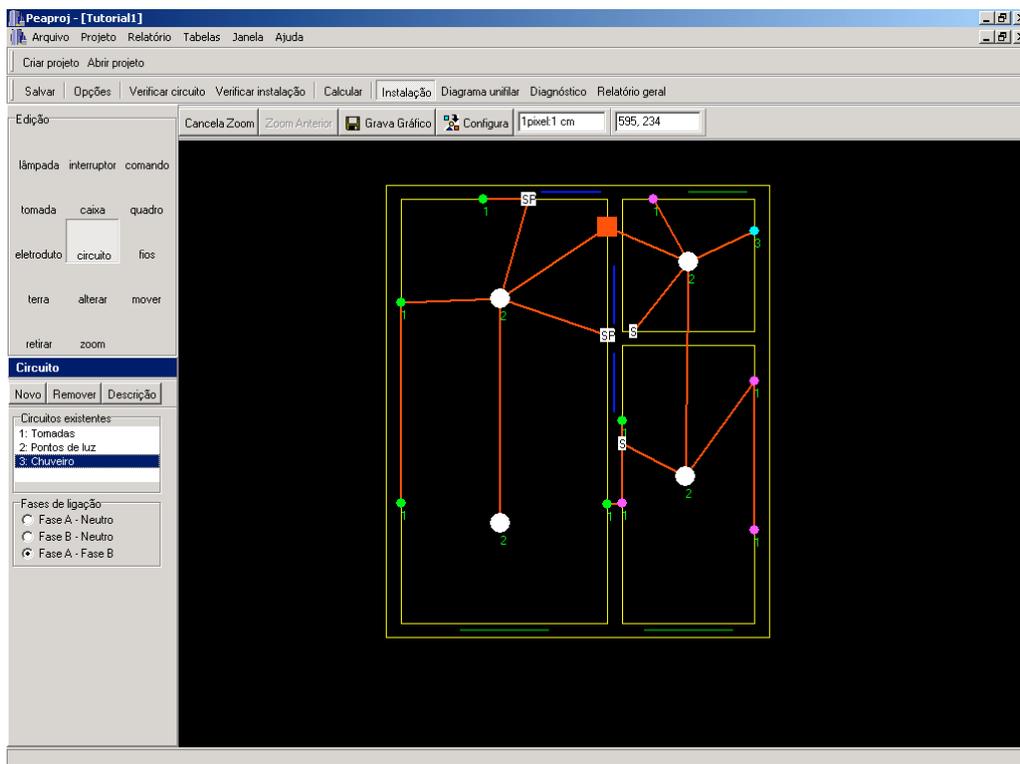


Figura 12.11 – Definição das cargas associadas a cada circuito

Na seqüência, devem ser distribuídos os fios (ou condutores) de fase, neutro e retorno de cada circuito, monofásico ou bifásico. A figura 12.12 ilustra a definição dos fios de fase e neutro dos circuitos parciais instalados num segmento de eletroduto da instalação (note que o cômodo banheiro está desenhado com *zoom in*). Uma vez finalizada a distribuição dos fios em eletrodutos, contemplando todos os circuitos parciais, o usuário pode definir os segmentos de eletroduto com o fio terra para que todas as tomadas, de uso geral ou específico, tenham o condutor de proteção disponível.

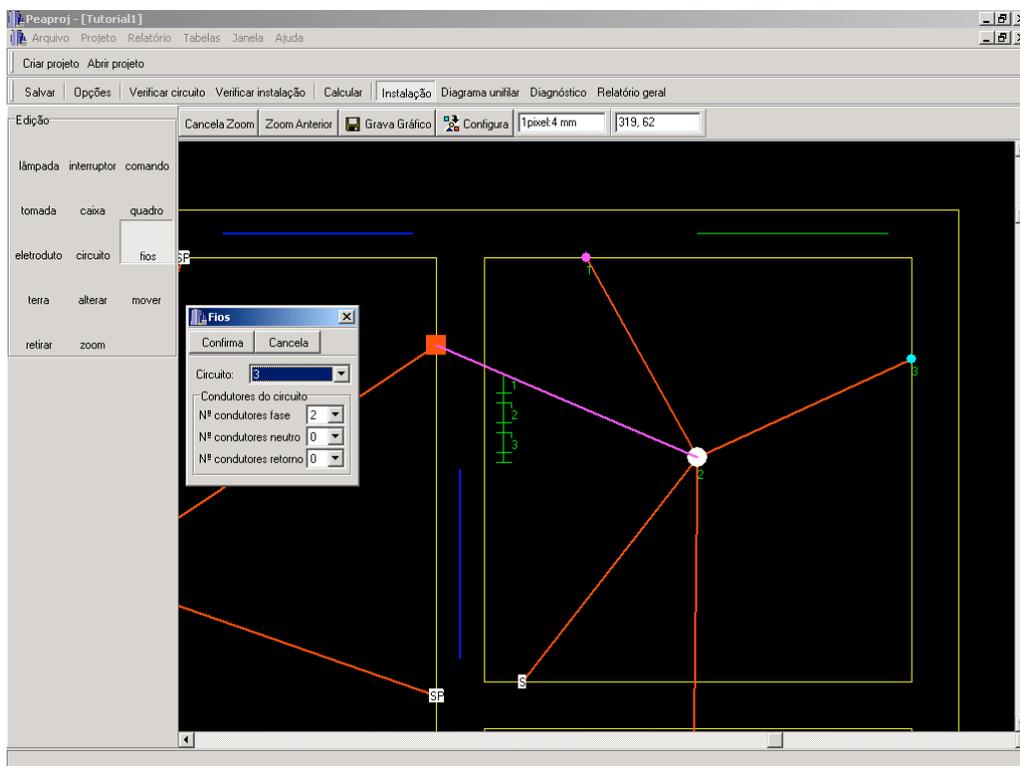


Figura 12.12 – Detalhe da alocação de fios, por circuito parcial, em eletroduto

A figura 12.13 ilustra a instalação, com todos os fios distribuídos nos segmentos de eletrodutos e, em particular, a alocação de fio terra num segmento de eletroduto. Para tanto, basta selecionar a opção de Edição *terra*, e 'clique' no segmento de eletroduto onde deseja-se adicionar o fio terra (no caso do fio terra já existir naquele segmento, o fio terra é removido).

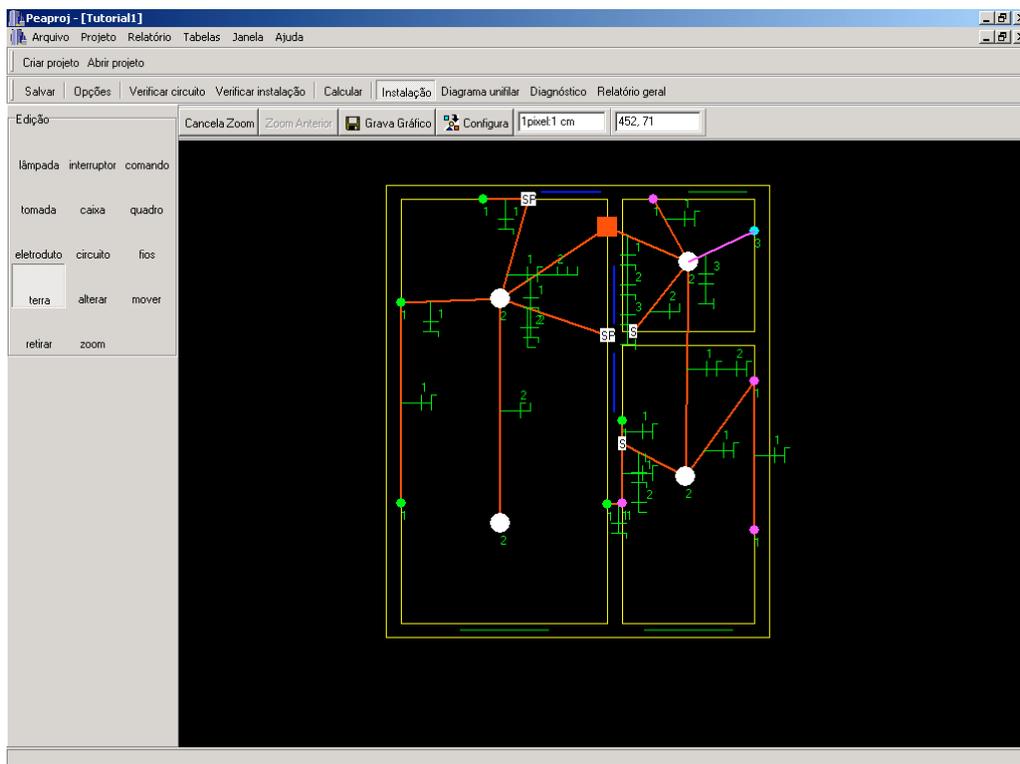


Figura 12.13 – Alocação de fio terra num segmento de eletroduto

O programa INTERA possibilita a verificação da instalação de forma global, isto é para toda a instalação, ou de forma parcial, isto é por circuito parcial. Isto é realizado, respectivamente, pelos botões *Verificar instalação* e *Verificar circuito*. A figura 12.14 ilustra o procedimento de verificação de toda a instalação. Nesta opção, foi verificado que uma tomada de uso geral (no cômodo banheiro) não possui fio terra, o que pode ser visualizado pela opção *Visualizar no gráfico*, disponível na janela de verificação. Este é o caso de um aviso para o usuário, sendo que, para este caso, não foram encontrados erros que não permitem o cálculo elétrico da instalação (dimensionamento).

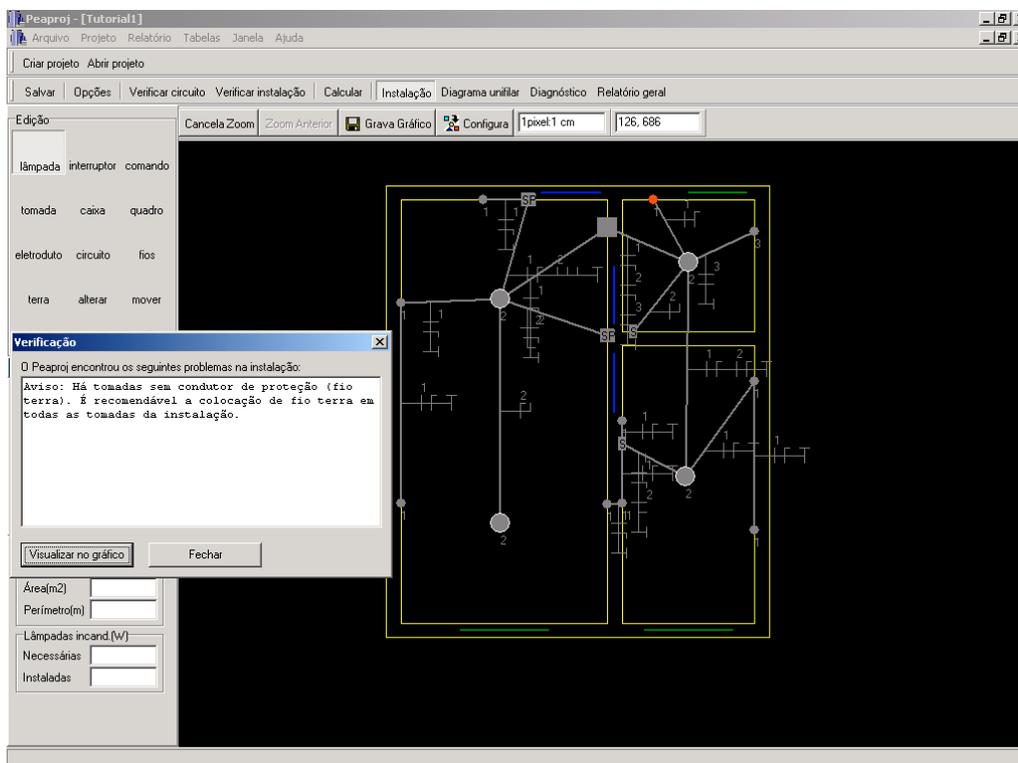


Figura 12.14 – Verificação da Instalação (aviso de fio terra não disponível em uma tomada do cômodo banheiro)

Em certas condições, não é possível a realização dos cálculos elétricos. Isto ocorre em condições nas quais, por exemplo, um certo ponto de consumo não tem eletroduto conectado, ou quando o circuito parcial encontra-se desconexo (não são conectados todos os pontos de consumo do circuito com o quadro de distribuição).

A figura 12.15 ilustra a verificação da primeira situação, isto é, ao *Verificar Instalação*, o programa INTERA detecta que a tomada de uso geral do quarto/sala não tem nenhum segmento de eletroduto ligado. E a figura 12.16 ilustra a verificação da segunda situação para o circuito 1, isto é, ao *Verificar circuito* nota-se que o circuito está desconexo, pois o usuário não alocou fios de fase e neutro no segmento de eletroduto que liga os dois pontos de luz dos cômodos banheiro e cozinha.

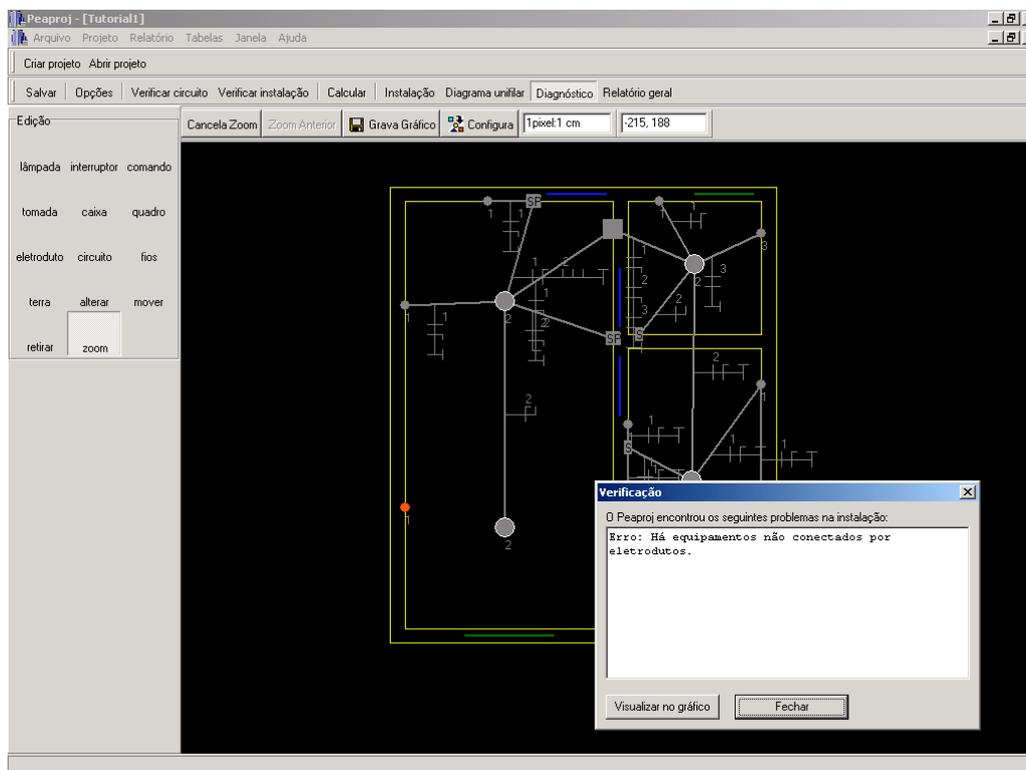


Figura 12.15 – Consistência de tomada sem eletroduto (Verificar instalação)

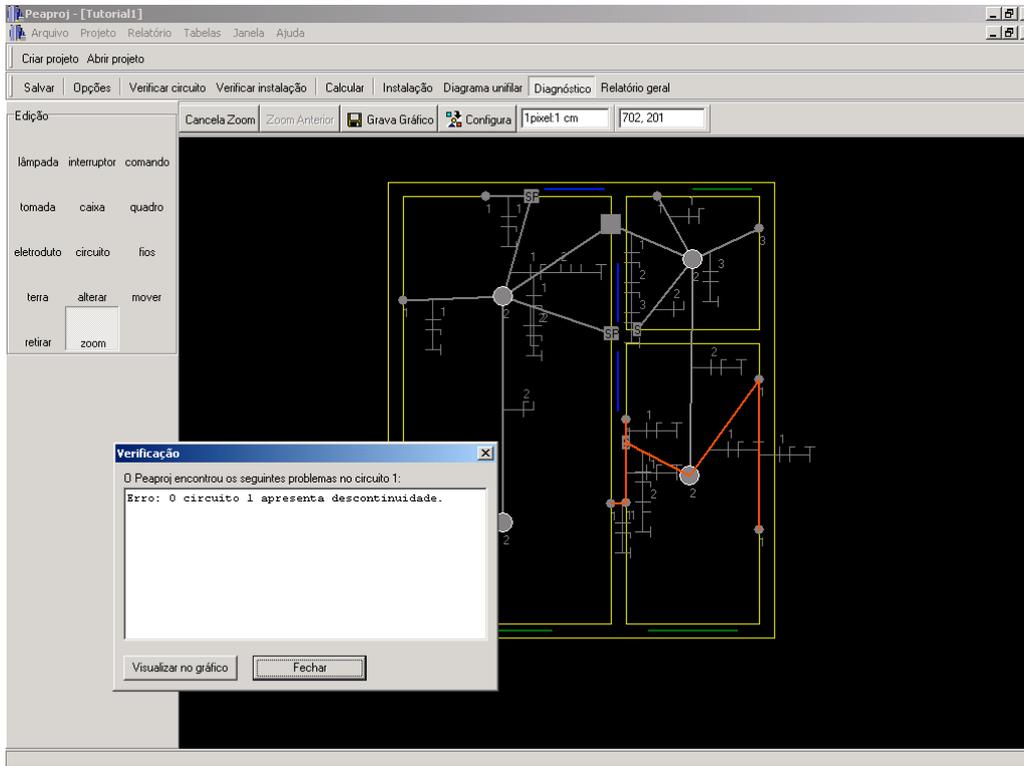


Figura 12.16 – Consistência de circuito desconexo (Verificar circuito)

Ao finalizar a consistência dos circuitos, pode ser realizado o dimensionamento dos circuitos parciais. Isto é realizado utilizando o botão *Calcular*, que procede ao dimensionamento de todos os circuitos. Caso o usuário não tenha verificado a instalação ou circuitos, estes procedimentos são elaborados antes do cálculo elétrico, prevenindo o dimensionamento de instalações elétricas com erros, por exemplo, com pontos de consumo não alimentados ou com circuitos parciais desconexos.

Ao clicar o botão *Calcular*, o programa INTERA solicita o valor da queda de tensão máxima permitida por circuito parcial. Conforme explicitado no item 2 anterior, a seleção da seção nominal do condutor é obtida pelos critérios de corrente e queda de tensão.

A figura 12.17 ilustra a seleção do relatório de Circuitos após a realização do cálculo. O relatório mostra a escolha automática da seção nominal do condutor de cada circuito parcial, valor da corrente, valor da queda de tensão, fator de agrupamento (em função do número de fios por eletroduto) e dimensionamento do disjuntor. Para tanto, basta selecionar a opção Relatório na barra superior (menu principal) e sub-menu Cálculo.

O botão *Diagrama Unifilar* permite o desenho do diagrama da instalação, com detalhe para as seções nominais dos condutores selecionados e os dispositivos de proteção. A figura 12.18 ilustra o diagrama unifilar para a instalação com 3 circuitos parciais.

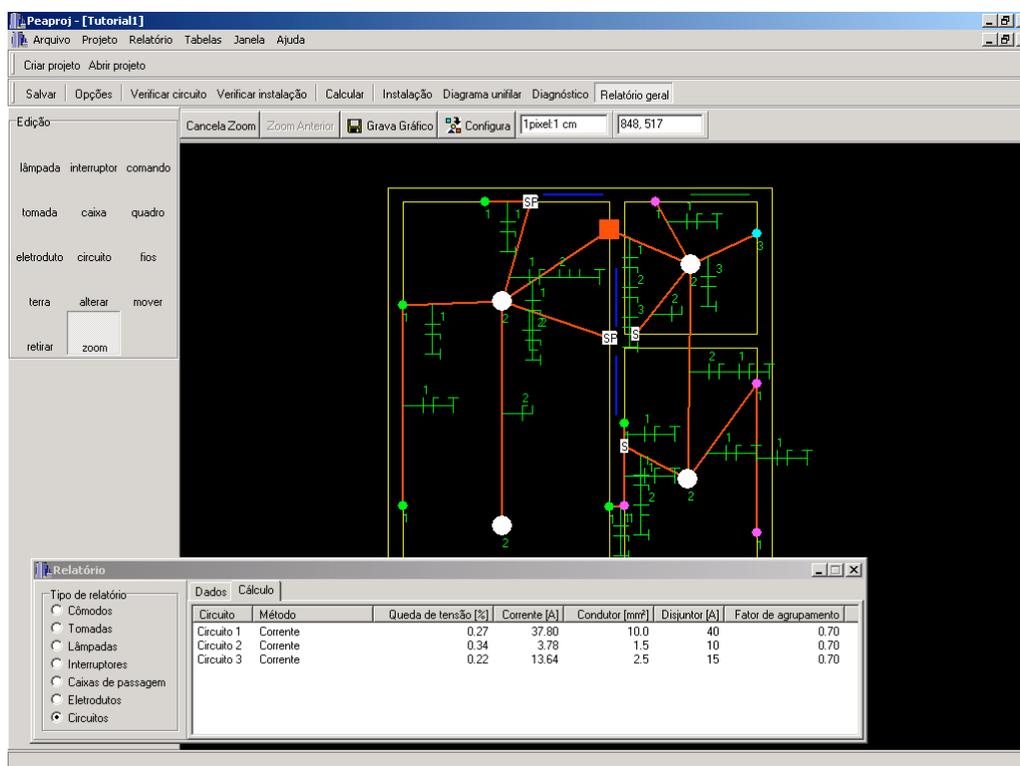


Figura 12.17 – Relatório de Dimensionamento de Circuitos Parciais

O botão *Diagrama Unifilar* permite o desenho do diagrama da instalação, com detalhe para as seções nominais dos condutores selecionados e os dispositivos de proteção. A figura 12.18 ilustra o diagrama unifilar para a instalação com 3 circuitos parciais.

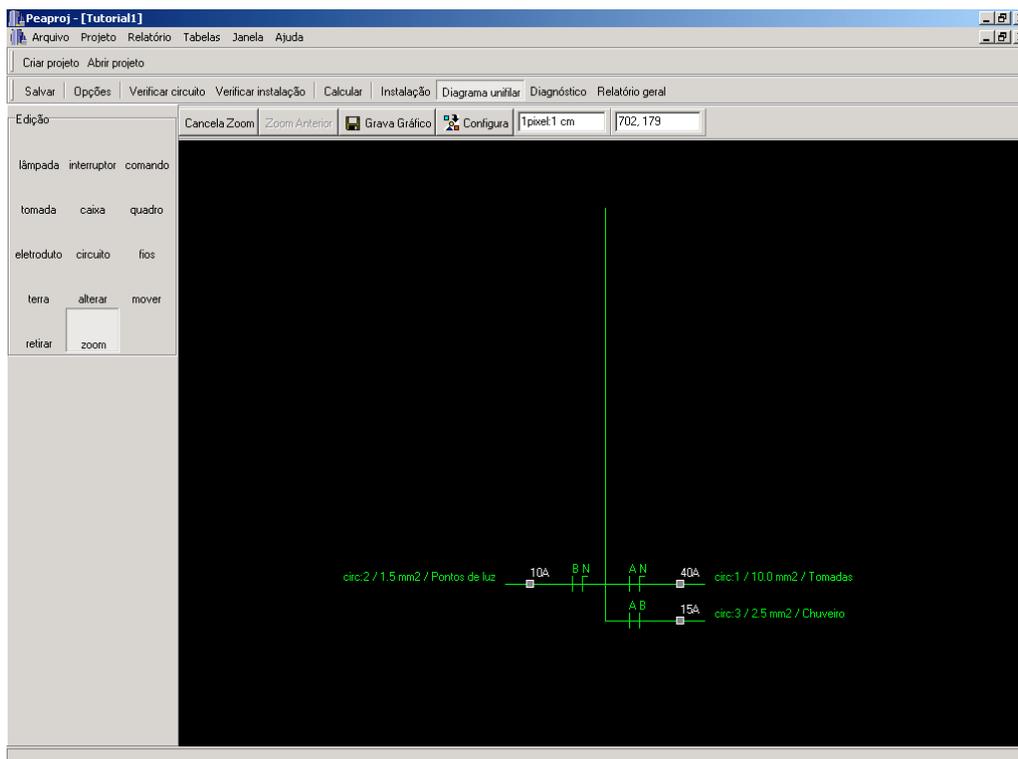


Figura 12.18 – Diagrama Unifilar da Instalação