

Guia prático para a construção artesanal de um transformador de áudio para o projeto AX84-P1.

(Texto preliminar: Sérgio Trindade – sergio@itazi.com.br)

a) Observações.

O texto abaixo não tem pretensão de constituir é um manual técnico de enrolamento de transformador de áudio, apenas um relato de uma montagem artesanal de um pequeno transformador específico para amplificador Single-ended de guitarra.

Trata-se da montagem que utiliza os materiais mais simples possíveis sem a disponibilidade de equipamentos especiais.

Embora a experiência relatada tenha sido bem sucedida, a técnica empregada bem como a escolha dos materiais, não representam necessariamente as melhores opções de projeto.

A aplicação desse tipo de transformador, como qualquer equipamento valvulado convencional, envolve tensões elevadas e potencialmente letais.

Portanto, este tipo de dispositivo não deve ser manuseado por aqueles que não tenham em mente as noções fundamentais de segurança.

b) Especificações técnicas.

Trata-se de um transformador desenhado para aplicação em amplificador de guitarra tipo SE classe A, com válvula de potência EL84/6BQ5 ou 6V6..

Entretanto, foi testado com válvulas de saída EL34, 6L6GB e 6L6GC, com resultado satisfatório ao teste auditivo. Caso sejam usadas essas válvulas, é recomendável utilizar somente a saída de auto-falantes de 8 Ω .

Apenas para eventual conferência as especificações e dados utilizados no o cálculo foram os seguintes:

Impedância do alto-falante (saída): $R = 4\Omega$ ou 8Ω

Frequência mínima de resposta: $F_d = 60$ Hz (valor adequado para amplificador de guitarra)

Potência real de saída da válvula: 5,7 W- Valor máximo para uma EL84.

Impedância da carga no primário: $R_a = 5200\Omega$ - É um valor usual para usar válvula EL84, mas funcionará bem com EL34, 6L6CB, 6L6CC, e 6V6.

Corrente máxima no primário (placa): $I_a = 0,095$ A (suficiente para suportar qualquer uma dessas válvulas).

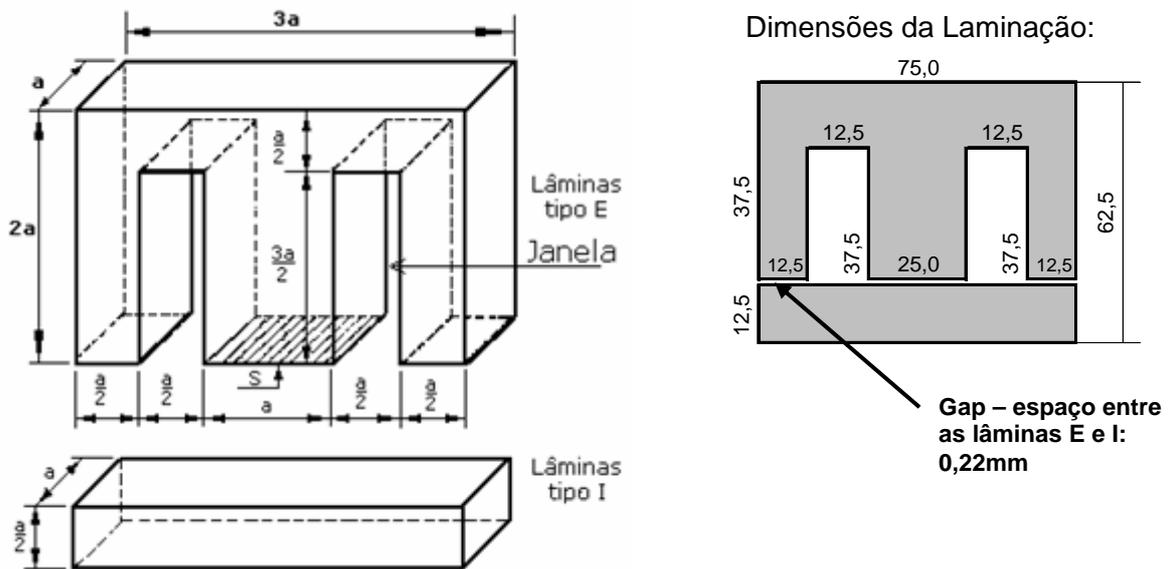
Área do núcleo: $F = 6,16$ cm² (mínimo calculado) – $2,5$ cm x $2,5$ cm = $6,25$ cm² (real)

Nº de voltas no primário: $n_p = 1928$ Voltas (espiras)

Nº de voltas no secundário: $n_s = 53$ Voltas para tap de 4Ω e 76 voltas para o total de 8Ω

Corrente máxima no secundário: $I = 1,194$ A @ 4Ω (para EL84)

Layout do núcleo: A laminação a ser utilizada é do tipo E-I. Como se trata de um transformador para saída Single-Ended, a montagem deve ser feita com GAP (uma pilha de E's e outra de I's) para evitar saturação do núcleo, conforme figura abaixo:



b) Material utilizado.

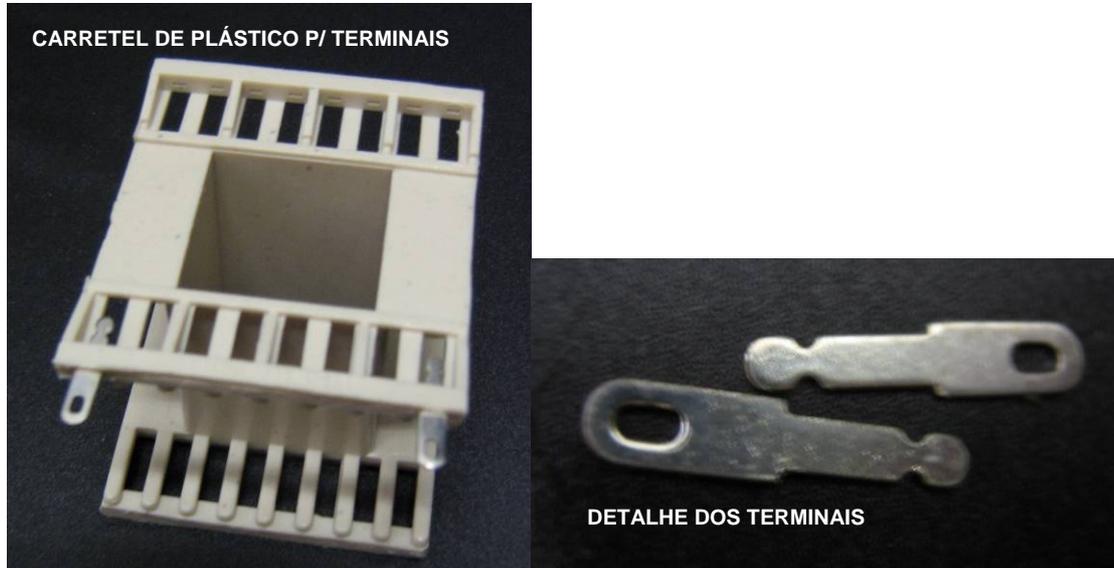
- 750g de **laminação** de aço-silício Grão Orientado (G.O.) com perna central de 25 mm (quantidade aproximada para formar uma pilha de E's e I's 25 mm de altura – ([conferir essa altura na hora da compra](#))). Algumas lojas vendem um mínimo de 1Kg.

A laminação G.O. é fácil de ser distinguida da laminação de aço comum pela espessura mais fina e pela tonalidade geralmente acinzentada e sem brilho, conforme ilustração abaixo.

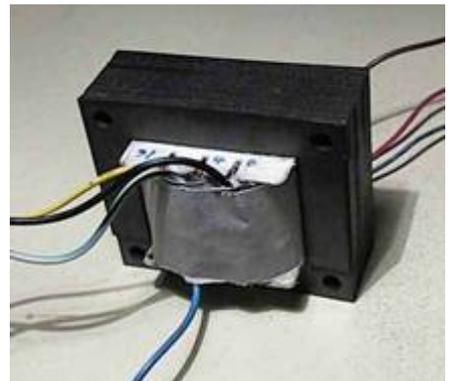


1 **carretel de plástico** de transformador para núcleo de 25 mm x 25 mm

Esse carretel pode ser feito artesanalmente de papelão, mas existem modelos comerciais prontos em plástico como o da ilustração acima mais recomendado com encaixes para terminais de solda.



Já neste outro modelo abaixo (sem terminais) as pernas do trafo são soldadas diretamente na ponta do fio esmaltado do enrolamento e a junção é geralmente fixada com um pedaço de fita isolante.

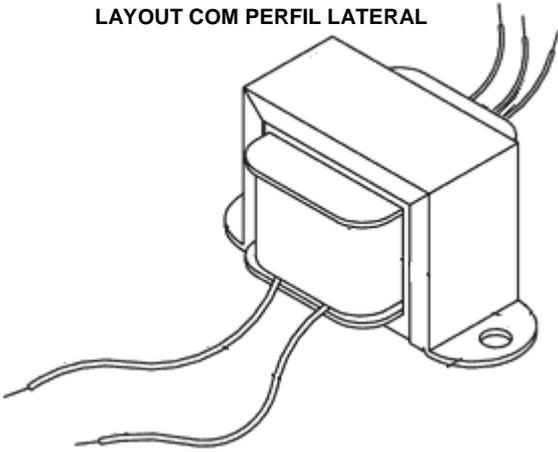


- 80g de **fio de cobre esmaltado 32 AWG** (esta quantidade dá de sobra, mas geralmente o mínimo vendido é 100g).
- 50g de **fio de cobre esmaltado 21 AWG** (quantidade de sobra)

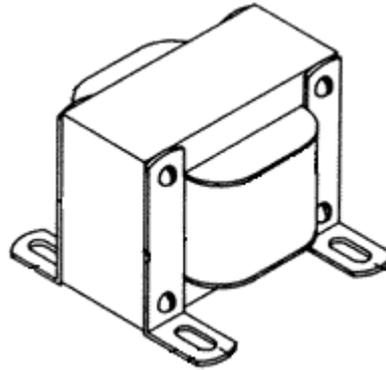


- Cantoneiras de montagem, escudo ou perfil lateral e parafusos para trafo de 7,5cm x 6,25 cm x 2,5cm (de núcleo), dependendo do layout escolhido para o fechamento do trafo.

LAYOUT COM PERFIL LATERAL

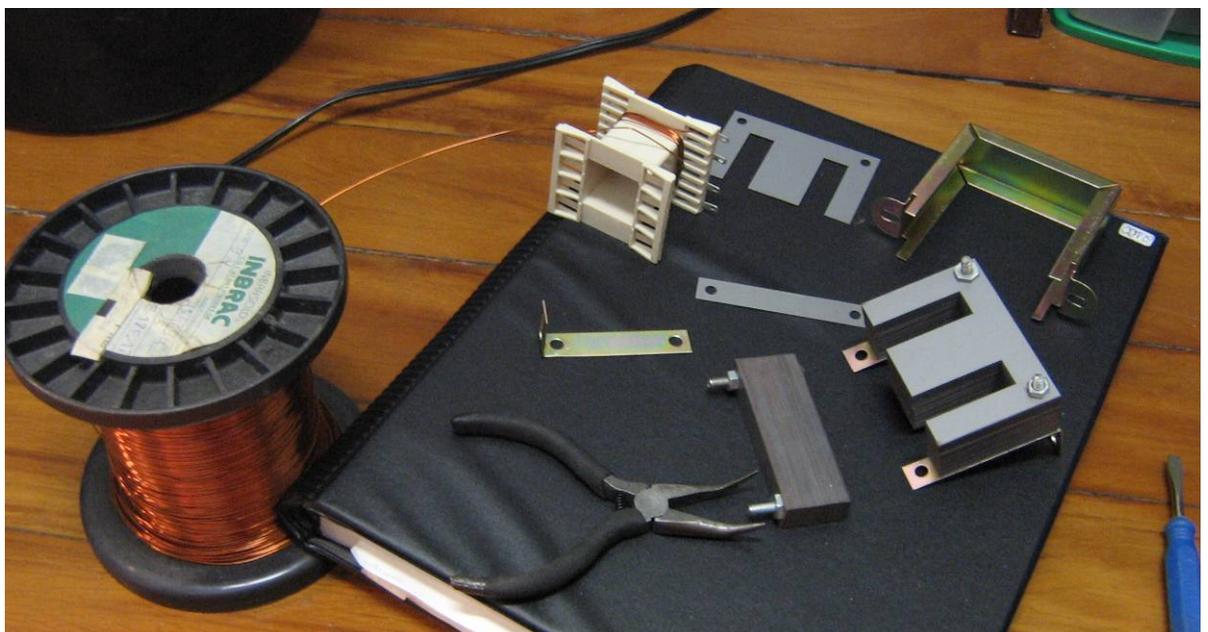


LAYOUT COM PERFIL "L"



LAYOUT COM ESCUDO

- Diversos: Folhas de [papel de seda](#) mais fino possível, pedaço de [papel craft](#) (tipo papel de embrulho marrom), [Cola branca](#) comum.



c) Montagem do trafo

O primeiro passo para a montagem do trafo consiste na composição dos enrolamentos, que é a montagem de duas bobinas distintas (denominadas enrolamento primário e enrolamento secundário) em volta de um mesmo núcleo, conforme o diagrama esquemático ao lado.

Para facilitar o trabalho, utiliza-se o carretel onde são enroladas as bobinas para depois colocar o núcleo.



Os enrolamentos devem ser feitos em camadas. Cada camada é constituída por uma espiral como uma mola de um lado a outro do carretel (indo e voltando a cada camada).

Ao término do enrolamento de cada camada, esta é coberta com uma fina película de cola branca envolvendo-a, em seguida, com uma tira de papel de seda (com 2,5cm de espessura) apertando-se com a mão para que não fiquem vazios entre o papel e a camada.

Este isolamento (entre camadas de um mesmo enrolamento) visa diminuir a capacitância parasita, a qual prejudica o rendimento do trafo na transferência de sinal de frequências mais altas.

Também para melhor resposta de altas frequências, é recomendável dividir cada enrolamento em duas partes, enrolando-se primeiro uma parte do secundário, parte do primário, o restante do secundário e, por fim o restante do primário.

Para orientar melhor o enrolamento, todos os procedimentos são ordenados a baixo na seqüência de trabalho.

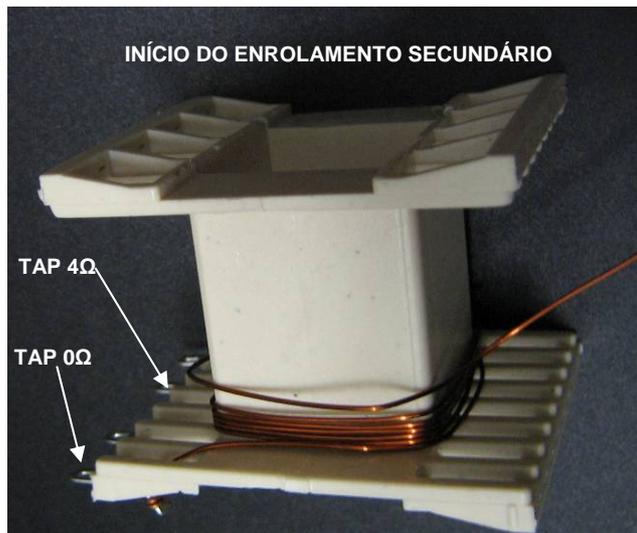
1) Recorte 3 ou 4 tiras de papel craft com largura de 2,5cm por 21 de comprimento no mínimo.

2) Recorte uma dúzia e meia de papel de seda do mesmo tamanho das tiras de papel craft.

3) No carretel vazio, iniciar o enrolamento pelo secundário (o fio mais grosso de 21 AWG). A ponta do fio será o terminal de 0 Ω que pode ser soldado num terminal como o da figura abaixo ou a um fio comum (fixado com um pedaço de fita isolante). Lembre-se de raspar bem a ponta para remover o esmalte, assegurando assim uma boa soldagem.



4) Enrolar as **53 voltas** do secundário puxando o tap de 4 Ω . O ideal é que o enrolamento seja feito de forma bem organizada com uma espira ao lado da outra (como uma mola). Contudo, nessa camada de enrolamento primário, o número de voltas não é suficiente para preencher a camada inteira. Portanto, procure distribuir as espiras dessa camada de forma mais homogênea possível.



Ao fim das 53 voltas, solde a ponta em outro terminal (no mesmo alinhamento) que será o tap de 4 Ω .

5) Aplique uma **FINA** camada de cola branca sobre o enrolamento e cubra-o com uma tira de papel craft. Essa tira deve dar uma volta completa transpassando apenas um pequeno pedaço de menos de meio centímetro para garantir uma boa colagem.

Acomodar o papel apertando com os dedos para não deixar vazios.

A função desse papel craft (entre enrolamentos) é de isolar eletricamente o primário do secundário, pois um eventual curto que faça comunicação entre os dois enrolamentos queimaria o transformador e, possivelmente a fonte do seu amplificador.

6) Solde uma ponta do fio mais fino (32 AWG) em um terminal do lado oposto do carretel, o qual será um dos dois taps do enrolamento primário (terminal da placa).

7) Enrolar a primeira parte do secundário de forma mais organizada possível, em 9 camadas com "uma média" de 113 espiras cada uma. **SEMPRE** anotando em uma tabela o número de espiras de cada camada.

Esse memorial de contagem é fundamental para não se perder no caminho.

8) ao término de cada uma das camadas, aplicar cola branca e numa tira de papel de seda, segundo as mesmas recomendações feitas para a aplicação do isolamento de papel craft.

A organização no enrolamento secundário é fundamental para que não haja surpresas desagradáveis no final, pois o caso o novelo fique muito bagunçado os enrolamentos podem formar um grande volume e não caber na janela do trafo (cuja largura é igual à altura da aba do carretel).

Ao fim das nove camadas, com bastante cuidado e sorte, teremos um total na faixa de 1000 a 1030 espiras.

9) Não corte o fio do secundário, apenas prenda-o provisoriamente na aba do carretel para não atrapalhar o enrolamento do restante do secundário.

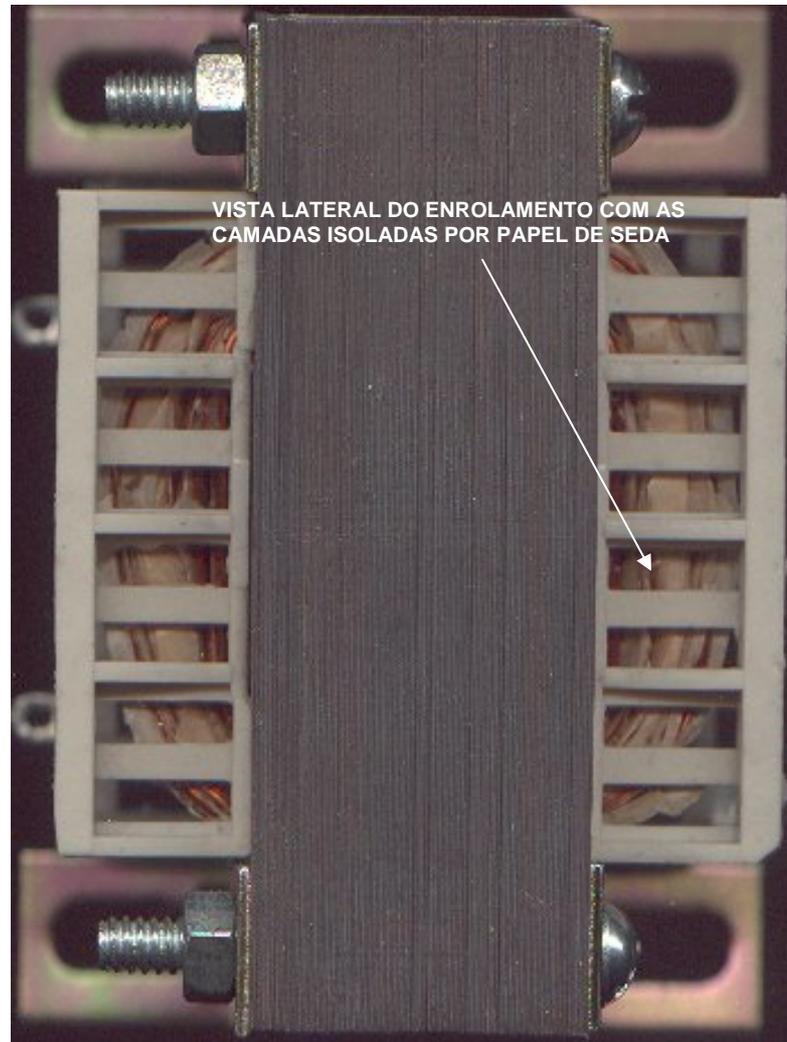
10) Aplique um isolamento de camadas com papel carft, conforme feito anteriormente.

11) Soldar uma ponta de fio 21 AWG (o mais grosso) no mesmo terminal onde terminou a primeira parte do secundário (o tap e 4 Ω).

12) Enrolar 23 espiras e soldar outra ponta no terminal que será o tap de 8 Ω , terminando assim o enrolamento secundário.

13) Aplique um isolamento de camadas com papel craft, conforme feito anteriormente.

14) Enrolar mais 8 camadas do primário com aproximadamente 113 espiras cada uma, seguindo os mesmos procedimentos descritos anteriormente, sempre isolando com papel de seda e anotando o número de espiras de cada camada.



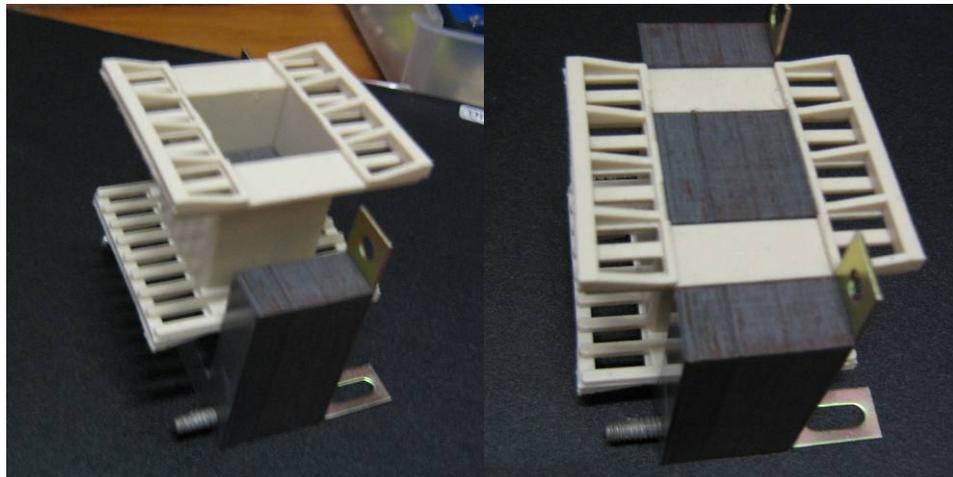
15) Ao fim, solde a ponta do fio ao terminal que será o tap B+ do primário.

Neste ponto, é possível que a altura da bobina não permita completar as 1928 espiras calculadas, mas procure chegar o mais próximo possível disso.

16) Sobre o enrolamento pronto, aplique outro isolamento de papel craft e, se preferir, aplique ainda uma camada de umas duas voltas fita isolante de boa qualidade ou uma tira de papelão, silver tape ou qualquer outro material que ofereça proteção mecânica para o enrolamento. (lembre-se que neste enrolamento exposto serão aplicados mais de 250V).



17) Encaixe a bobina na pilha de Lâminas “E”, conforme ilustrado abaixo, parafusando a base das cantoneiras para que fique bem firme.



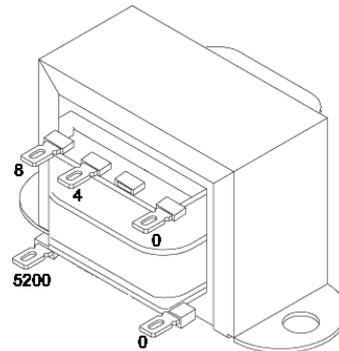
18) Por fim, basta colocar o gap e a pilha de lâminas “I” e parafusar.

O gap é uma folha de papel ou plástico entre os E's e I's. Sua espessura pode ser medida em pilha - Medindo, por exemplo, uma pilha de 20 folhas de papelão e dividindo a espessura total por 20 para obter a espessura média.

Nesse caso o gap usado foi um pedaço de papel de fotografia.



Há que prefira montar os terminais dos enrolamentos no mesmo lado do carretel, como na figura abaixo



19) Como a cola branca utilizada nas camadas é à base d'água, é bom esperar umas 24 horas antes de testar em uso num amplificador.

Nesse caso, é possível colocar um escudo na face oposta e instalar o trafo no chassi com um orifício retangular deixando das barras de terminal para dentro.

20) Se houver verniz de transformador à disposição é bom mergulhar o trafo no verniz e esperar curar alguns dias.

21) Em muitos trafos comerciais, é comum utilizar cores padronizadas para os terminais: Vermelho para o B+, Azul para a placa, preto para o secundário comum (0Ω), amarelo para o secundário de 4Ω e verde para o tap de 8Ω.