

# **Avaliação de Similares: Estudo de Caso da Chave de Fenda**

*Similary Avaliation: Screwdriver Study Case*

Schneider, Eduardo Luis; Doutorando LdSM/DEMAT/EE/UFRGS  
ndsm@ufrgs.br

Marques, André Canal; Mestrando LdSM/DEMAT/EE/UFRGS

Mozetic, Halston; Eng. LdSM/DEMAT/EE/UFRGS

Kindlein, Wilson Jr., Prof. Dr., Coord. LdSM/DEMAT/EE/UFRGS

## **Resumo**

A chave de fenda possui a função de transferir torque para colocação/retirada de elementos de fixação (parafusos). O presente artigo caracteriza três chaves de fenda com preços de venda distintos. O objetivo foi verificar se os motivos da diferença de valor de venda do produto final estava vinculado diretamente à variedade de materiais e processos utilizados na fabricação do produto. Esta análise é particularmente interessante para uma melhor compreensão dos produtos e processos envolvidos na criação de novas alternativas que permitam otimizar soluções para projetos futuros.

**Palavras chave:** chaves-de-fenda, caracterização de materiais, design de ferramentas.

## **Abstract**

*The screwdrivers function is to transfer torque in order to place/remove setting elements (screws). The present article characterizes three screwdrivers with distinct prices. The objective was to verify if the reasons of the sales values difference were directly linked with the materials variety and the product manufacture processes used. This analysis is particularly interesting for a better understanding of the products and involved processes in the creation of new alternatives, which may allow optimize future project solutions.*

**Keywords:** *screwdriver; materials characterization; tools design.*

## 1. Introdução

Com base nas correlações estrutura-propriedades, a sinergia entre engenharia de materiais e design de novas chaves de fenda é fundamental para otimizar e inovar este produto [1].

Tendo em vista o aumento na importação de produtos vindo de países como China e Taiwan, cujos preços são, na maioria das vezes, inferiores aos dos produzidos no Brasil, e a diversidade de materiais que podem ser selecionados tanto para o cabo quanto para a haste da chave, surge uma necessidade de estudar as diferenças destes produtos, principalmente, avaliar seus materiais e processos de fabricação (análise de similares).

A chave de fenda possui a função de transferir torque para colocação/retirada de elementos de fixação (parafusos). Além dos materiais que a constituem e de seus processos de fabricação, o aspecto construtivo, a ergonomia da empunhadura do cabo, a presença de revestimento e o acabamento superficial também contribuem para evidenciar a associação entre preço e qualidade.

O objetivo desse trabalho foi analisar diferentes chaves-de-fenda comparando as mesmas através de caracterização mecânico-metalúrgica da haste metálica (com auxílio da norma: ABNT EB-2110), e de caracterização polimérica do cabo para compreender como a diferença de materiais e seus respectivos processos de fabricação influenciam no desempenho deste produto.

## 2. Materiais e Métodos

Com o objetivo de se fazer uma análise de similares representativa, a fim de balizar o design de novas chaves-de-fenda foram utilizadas três diferentes chaves-de-fenda sendo duas produzidas pelo mesmo fabricante com materiais e qualidades diferentes e outra produzida por um segundo fabricante. Elas foram identificadas como A1 (fabricante nacional - linha profissional), A2 (fabricante nacional - linha hobby), e B (importada – adquirida no comércio de baixo custo: lojas conhecidas como “R\$ 1,99”). A Figura 1 mostra uma fotografia com as três chaves analisadas.

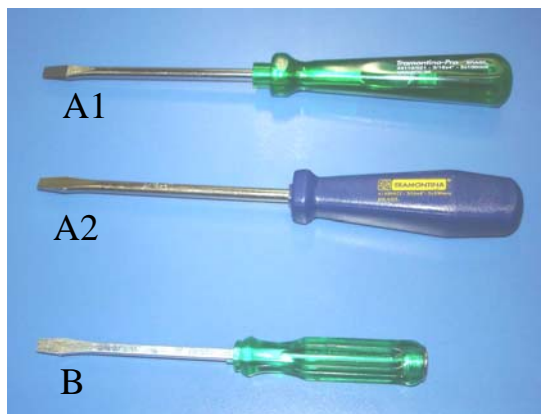


Figura 1: Chaves-de-fenda analisadas nesse trabalho.

As metodologias utilizadas para a caracterização das mesmas consistiram em: análise visual em lupa de baixo aumento, caracterização metalúrgica (haste e ponta) que foi realizada através de ensaios de metalografia, de dureza e análise química, e caracterização da parte polimérica (cabo) através das técnicas de FTIR (espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier)<sup>1</sup> e DSC (calorimetria diferencial de varredura)<sup>2</sup>.

### 2.1 Análise Visual em Lupa de Baixo Aumento

Foi realizada uma avaliação do aspecto superficial, do engaste da haste no cabo e da ergonomia da empunhadura do cabo (aspecto funcional das ferramentas).

### 2.2 Caracterização Metalúrgica

Para a realização das metalografias, os corpos de prova foram preparados seguindo procedimentos padrões metalográficos: corte, embutimento, lixamento, polimento e ataque químico com nital 2%. As metalografias foram realizadas em microscópio óptico *Olympus BX60M*, sendo analisadas, as seções transversais e longitudinais das hastes conforme está indicado na Figura 2.

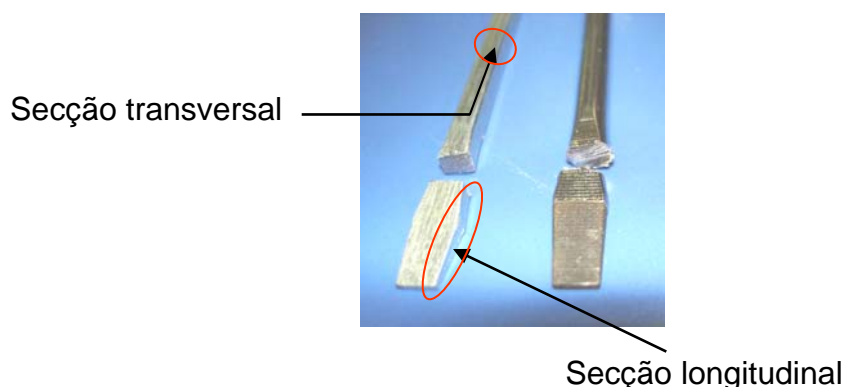


Figura 2: Locais de onde foram retiradas as amostras.

Para a avaliar a dureza foi utilizado o ensaio de dureza rockwell (se baseia na profundidade de penetração, descontada a componente elástica). Nele, inicialmente é aplicada uma pré-carga, em seguida a

---

<sup>1</sup> A FTIR é considerada uma das mais importantes técnicas experimentais para a caracterização de polímeros. Além das informações qualitativas, ela permite a determinação quantitativa de componentes de uma amostra ou mistura, esteja ela no estado sólido, líquido, gasoso ou em solução [2].

<sup>2</sup> A DSC consiste na avaliação da quantidade de calor absorvido ou liberado por uma amostra quando da ocorrência de transformações físicas, químicas ou físico-químicas ocorridas na amostra quando esta é submetida a um programa de temperatura [2].

carga principal, que é depois retirada mantendo-se a pré-carga. A diferença na penetração entre a aplicação da carga total e após a retirada da carga principal é a medida de dureza rockwell. Foi utilizado um penetrador esférico e a escala C. A pré-carga e a carga principal utilizadas foram de 10 kgf e de 150 kgf respectivamente.

A análise química das hastes foi realizada com espectrômetro de emissão ótica da *Spectro* modelo *Spectrolab*. Esse equipamento permite fazer análises rápidas e simultâneas de diversos elementos, detectando qualquer elemento presente que entre na composição do material examinado, ainda que seu teor seja relativamente pequeno. A região central da haste foi analisada três vezes para cada chave e os resultados correspondem a uma média das mesmas.

### 3. Resultados e Discussões

#### 3.1 Análise em Lupa de Baixo Aumento

Na análise visual em lupa de baixo aumento observou-se que as hastes das chaves A1 e A2 estão engastadas no cabo através de protuberâncias da haste na parte interna do cabo, enquanto a haste da chave B está presa por uma rosca metálica na extremidade do cabo. A Figura 3 mostra a extremidade do cabo das três chaves onde se pode ver na chave B (chave do meio) a rosca metálica. Isso é um grave erro de design, já que, como há metal em contato com a mão do usuário, existe a possibilidade de ocorrência de choque elétrico no mesmo.

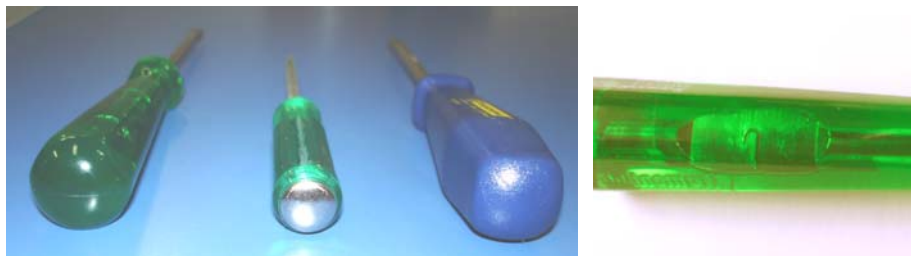


Figura 3: Extremidade do cabo das três chaves e o engaste no interior do cabo através de protuberância da haste na parte interna do cabo.

O design da chave, em particular, a forma do cabo, tem uma grande influência no desempenho do homem quando a utiliza [3]. Os cabos A1 e A2 apresentaram características ergonômicas satisfatórias, visto que suas “empunhaduras” são adequadas (funcionais), sendo que a chave A2 maximiza a área de contato da interface da chave de fenda com a mão do homem, e baseado em *Garcia, C. A.*, pode-se concluir que ela possui a empunhadura mais anatômica das três chaves [4]. Já a chave B apresentou uma característica de tamanho pouco funcional (tamanho insuficiente para um homem “médio”). A Figura 4 mostra a pega das chaves. A Figura 5 mostra o acabamento superficial das chaves. A chave B apresentou ranhuras longitudinais, o que caracteriza um acabamento superficial ruim, já nas chaves A1 e A2 não se observaram ranhuras. A chave A1 observou-se um revestimento feito com uma camada fosfatizada na ponta.

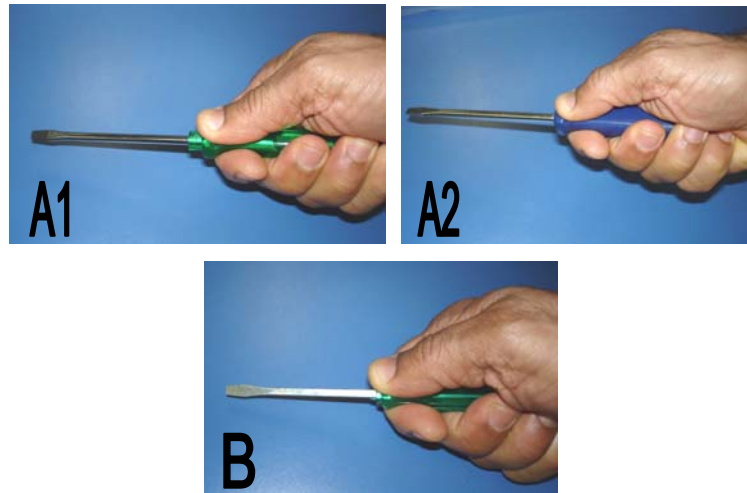


Figura 4: Empunhadura ou “pega” das chaves.

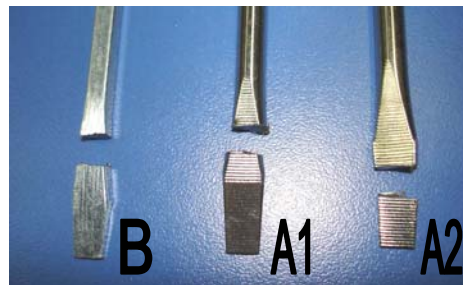


Figura 5: Acabamento superficial das hastes e a presença de ranhuras na chave B (esquerda).

### 3.2 Caracterização Metalúrgica

#### 3.2.1 Análise Metalográfica

As metalografias da Figura 6 são referentes à chave A1 e mostram uma estrutura martensítica ao longo de toda a chave. As metalografias da Figura 7 são referentes à chave A2 e também mostram uma estrutura martensítica ao longo de toda a chave.

As metalografias da Figura 8 são referentes à chave B e mostram uma microestrutura perlítica com presença de grãos de ferrita ao longo de toda haste. Observa-se que na extremidade de trabalho os grãos estão alongados devido à deformação (encruamento) oriunda da laminação.

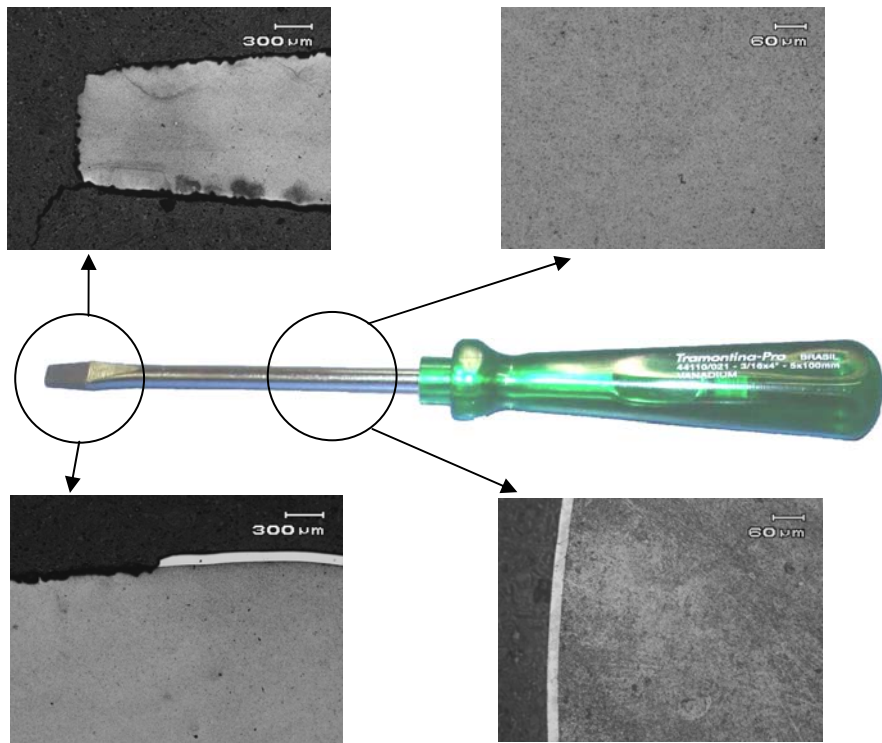


Figura 6: Metalografias da haste da chave A1 com a indicação do local de onde foram retiradas as amostras.

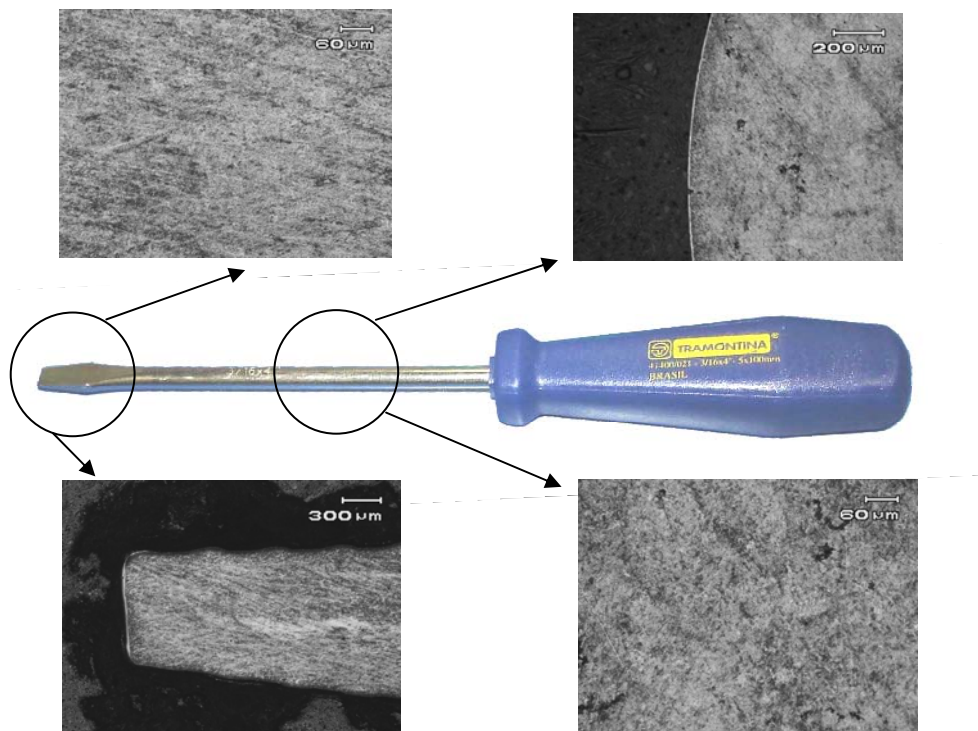


Figura 7: Metalografias da haste da chave A2 com a indicação do local de onde foram retiradas as amostras.

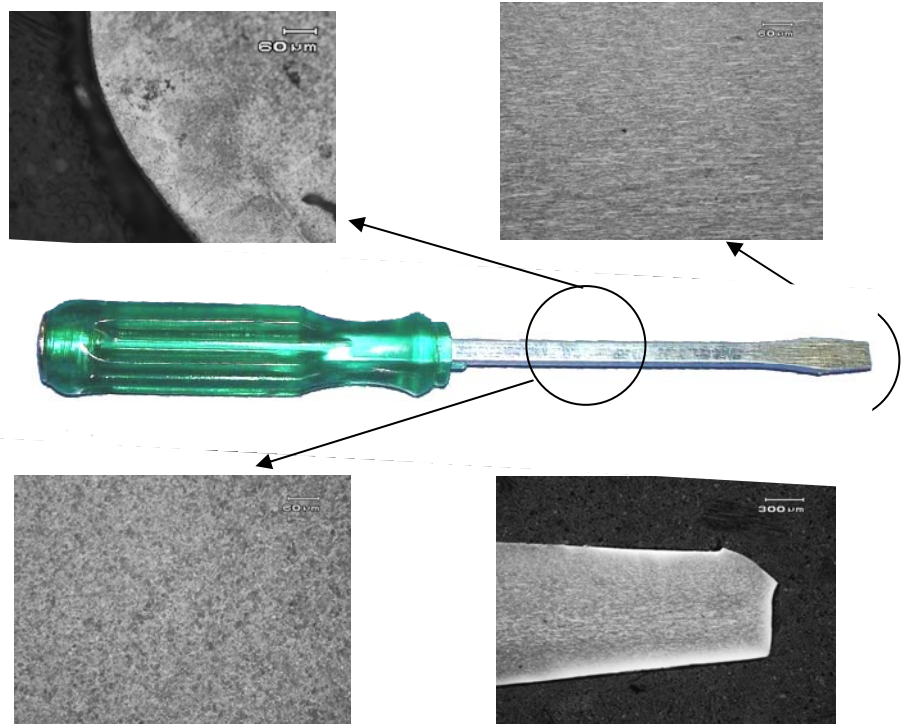


Figura 8: Metalografias da haste da chave B com a indicação do local de onde foram retiradas as amostras.

### 3.2.2 Durezas

A norma ABNT EB-2110 preconiza que as hastes devem ser tratadas termicamente em todo o comprimento e apresentar o valor mínimo de dureza de 50 HRC [5]. Foram encontrados valores de dureza entre 55 a 57 HRC na chave A1 e entre 52 a 54 na chave A2 atendendo aos requisitos da norma. O mesmo não ocorreu com a chave B, onde os valores encontrados foram entre 33 a 46, não atendendo as especificações da norma brasileira. A Tabela 1 mostra a média dos valores de dureza encontrados. Cabe aqui salientar que a chave-de-fenda importada (chave B) não atende as exigências da norma brasileira, o que é um péssimo indicativo para a indústria nacional, ou seja, tem-se permitido a importação de ferramentas fora das especificações das especificações exigidas pelas normas brasileiras.

Tabela 1: Dureza (média dos valores em HRC).

Chave	Ponta (HRC)	Haste (HRC)
A1	57	55
A2	54	52
B	46	33

### 3.2.3 Análise Química

A Tabela 2 apresenta a composição química (% em peso) correspondente à média de três análises de cada uma das hastes das chaves.

Tabela2: Composição química (% em peso).

Chave	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	V
A1	0,47	0,24	0,95	0,011	0,012	0,94	0,83	0,15
A2	0,31	0,22	0,68	0,014	0,009	0,04	0,03	0,05
B	0,44	0,15	0,62	0,031	0,083	0,02	0,02	0,001

Quanto ao teor de carbono, os resultados da composição química das três chaves foram semelhantes, Porém o material da chave A1 apresentou teores mais elevados de Mn, Cr e Ni, sendo os dois últimos mais significativos, o que indica que o material desta chave é de melhor qualidade quanto à resistência a corrosão e a abrasão.

### 3.3 Caracterização dos Cabos

Para as análises das amostras dos cabos das chaves A1 e B, material amorfo, caracterizado pela transparência, utilizou-se a técnica de FTIR em um aparelho Nicolet 710. A análise e a comparação do espectro obtido com a biblioteca do aparelho indicaram que o material de ambas as amostras é um policloreto de vinila (PVC) com plastificante. As Figuras 9 e 10 mostram o resultado das análises de FTIR realizadas nas amostras de cabo A1 e B.

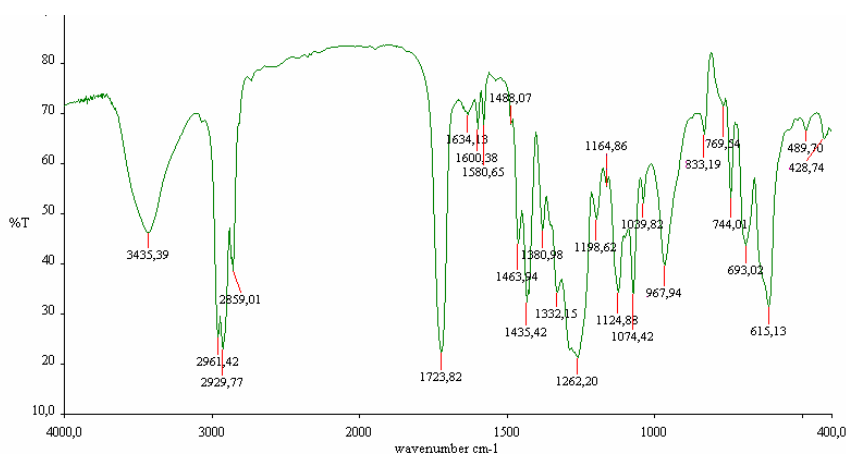


Figura 9: Caracterização do cabo através da análise FTIR da chave A1.



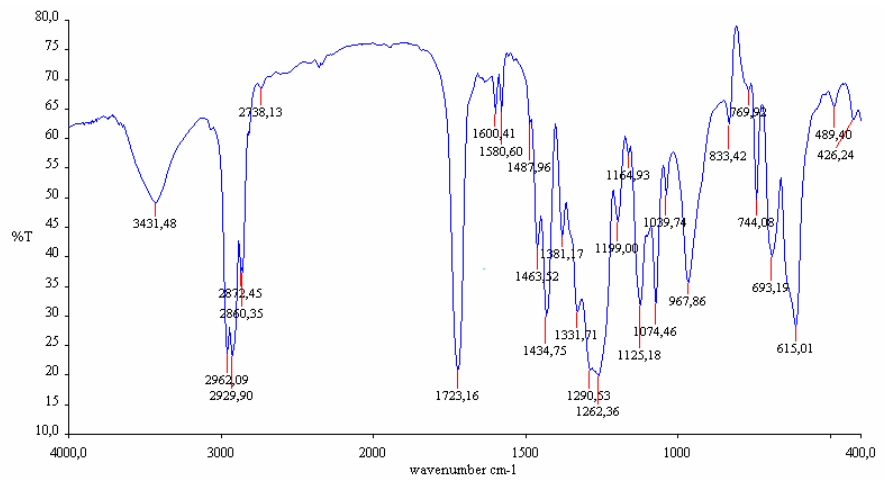


Figura 10: Caracterização do cabo através da análise FTIR da chave B.

Para a análise da amostra do cabo da chave A2, material semicristalino caracterizado pela opacidade, utilizou-se a técnica de DSC em um aparelho de marca Mettler Toledo – DSC 822<sup>o</sup> tipo compensação de potência. De acordo com o resultado obtido (Figura 11), pode-se observar que o ponto de fusão do material é de 164,89°C, que corresponde a do Polipropileno (PP) puro que é de 165°C, indicando tratar-se desse material. Também foi realizado o teste de chama e o cheiro de parafina confirmou a identidade do material.

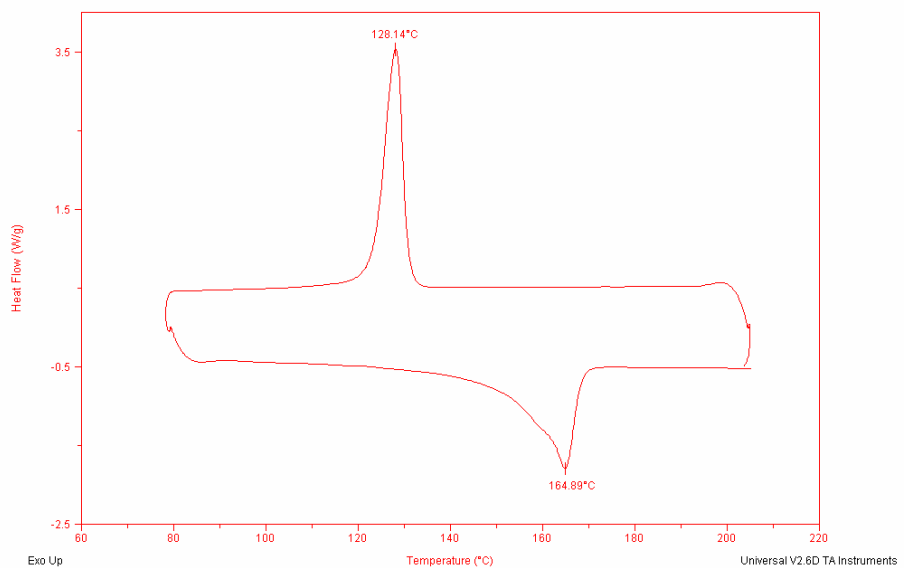


Figura 11: Caracterização do cabo através da análise DSC da chave A2.

Dentre as propriedades dos polímeros utilizados nos cabos, podemos citar: o PP como o PVC apresentam propriedades mecânicas similares, mas o PVC oferece maior isolamento elétrico, maior resistência a altas temperaturas, já o PP, oferece estabilidade térmica somente até 90 °C, porém é comprovadamente atóxico [6].

## 4. Conclusões

As chaves A1 e A2 apresentam microestrutura martensítica tanto na ponta quanto em suas hastes. Suas durezas atendem as especificações da norma ABNT EB-2110. Ambas são isentas de defeitos superficiais, sendo que a chave A1 apresenta uma camada de revestimento mais espessa.

Na chave B encontramos um acabamento superficial ruim com presença de ranhuras que tendem a dificultar a limpeza e favorecer a corrosão. A microestrutura é perlítica, o que permite concluir que tratamento térmico utilizado não foi adequado, o que veio a comprometer os valores de dureza desta ferramenta, cujo mecanismo de endurecimento foi por encruamento ao invés de têmpera (não conformidade com a norma brasileira).

A chave A2 apresenta um cabo mais anatômico; neste sentido, pode-se inferir que a chave A1 (linha profissional) poderia ser melhorada para possuir uma pega mais anatômica. Mecanicamente, pode-se dizer que a chave A1 mostrou-se como a opção de melhor qualidade entre as demais, visto que sua haste possui melhor acabamento superficial, valores de dureza maiores, presença de camada de revestimento mais espessa e ponta da haste fosfatizada. Podemos associar o fato da chave de fenda B ser mais barata à má qualidade do tratamento térmico de sua haste.

O presente trabalho permitiu analisar os diferentes materiais e processos presentes em chaves de fenda com diferentes faixas de preços. Assim, foi possível identificar os materiais, selecionar quais são melhores para determinadas funções, sendo possível a determinação para cada uma.

Este estudo é particularmente interessante para uma melhor compreensão dos produtos e processos envolvidos na criação de novas alternativas que permitam otimizar soluções para projetos futuros.

## Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com o apoio da CAPES, CNPq e do Engenheiro Almédon Neiva Santos.

## Referências

- [1] CALLISTER, William D. **Ciência e Engenharia de materiais - Uma introdução**. 5ª ed. LTC, Rio de Janeiro: 2002.
- [2] Disponível em <http://www.ufrgs.br/lapol>. Acesso em 20 de dezembro de 2005.
- [3] LIDA, I. **A Ergonomia do Manejo**, Tese de Doutorado USP, 1971.
- [4] GARCIA, C. A. **Contribuição da Ergonomia para o projeto do cabo da chave de fenda** Tese de Doutorado USP, Escola Politécnica, 2001.
- [5] Disponível em <http://www.inmetro.gov.br>. Acesso em 11 de janeiro de 2006.
- [6] Disponível em <http://www.vick.com.br>. Acesso em 15 de dezembro de 2005.