

# ANÁLISE EM MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA DO DESGASTE EM INSERTO INTERCAMBIÁVEL APÓS FRESAMENTO DE LIGA DE ALUMÍNIO FUNDIDO (AlCuSi9Cu3-F)<sup>1</sup>

*Fábio Henrique Fonseca Santejani*<sup>2</sup>  
*Alexandre Arthuzo*<sup>3</sup>  
*Franz Wilhelm Vogl*<sup>4</sup>  
*Durval Rodrigues Júnior*<sup>5</sup>  
*José Rubens de Camargo*<sup>6</sup>

## Resumo

A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) permite verificar as imagens topográficas e as composições químicas presentes em amostras, sendo atualmente muito utilizada na análise de desgastes e avarias ocorridas nas arestas de corte de insertos intercambiáveis. O trabalho, com o auxílio do MEV, visa identificar a composição química, os desgastes e avarias presentes na aresta de corte do inserto intercambiável APKT 100304 PDR após o processo de fresamento da liga de alumínio fundido AlCuSi9Cu3-F. Dessa forma, pela emissão dos feixes de elétrons que faz a varredura da amostra e a emissão das linhas de Raios X, pode-se identificar com exatidão os desgastes e avarias apresentadas na amostra bem como, a presença do mecanismo causador dos desgastes, facilitando a conclusão junto a revisão bibliográfica para a melhoria do processo, com o objetivo de minimizar os desgastes e avarias encontrados e, explorar ao máximo o uso do inserto na usinagem da liga de alumínio AlCuSi9Cu3-F.

**Palavras-chave:** Desgaste; Avarias; Microscópio eletrônico de varredura; Alumínio.

## ANALYSIS IN SCANNING ELECTRON MICROSCOPE OF THE WEAR IN INTERCHANGEABLE INSERTS AFTER MILLING OF CAST ALUMINUM ALLOY (AlCuSi9Cu3-F)

### Abstract

Scanning electron Microscope (MEV) it allows to verify the topographical images and the present chemical compositions in samples, being now very used in the analysis of wear and damages happened in the cutting edges of having interchangeable inserts. The paper, with the aid of MEV, seeks to identify the chemical composition, the wear and damages presents in the cutting edge of the interchangeable insert APKT 100304 PDR after the process of milling of the cast aluminum alloy AlCuSi9Cu3-F. In that way, for the emission of the electrons beam that makes the scanning of the sample and the emission of Rays X, it can identify with accuracy the wears and damages presented in the sample as well as, the presence of the causing mechanism of the wear, facilitating the conclusion close to bibliographical revision for the improvement of the process, with the objective of minimizing the wear and damages found and, to explore to the maximum the use of the inserts in the machining of the aluminum alloy AlCuSi9Cu3-F.

**Key-words:** Wear; Damages; Scanning electron microscope; Aluminum.

---

<sup>1</sup> 62º CONGRESSO ANUAL DA ABM, 23 a 27 de Julho de 2007, Vitória-ES

<sup>2</sup> Mestrando em Engenharia Mecânica, Materiais e Processos de Fabricação - UNITAU

<sup>3</sup> Mestre em Engenharia Mecânica, Materiais e Processos de Fabricação

<sup>4</sup> Mestrando em Engenharia Mecânica, Materiais e Processos de Fabricação - UNITAU

<sup>5</sup> Prof. Doutor Engenharia Mecânica - UNITAU

<sup>6</sup> Prof. Doutor Engenharia Mecânica - UNITAU

# 1 INTRODUÇÃO

A perda da capacidade de corte de uma ferramenta é devida a um determinado grau de dano ocorrido durante o processo de usinagem. Dependendo do material da ferramenta, da peça de trabalho, do tipo de operação e das condições de usinagem, os danos originados na ferramenta são diferentes. São atribuídos a essa perda da capacidade de corte da ferramenta dois tipos de danos: os desgastes e avarias.<sup>(1)</sup>

Os desgastes das ferramentas são causados principalmente pelo atrito entre o cavaco e a ferramenta e entre a ferramenta e a peça. Alguns fatores relacionados à temperatura de corte que está ligada diretamente pela velocidade de corte, como cisalhamento de microsoldas, abrasão, difusão intermetálica e oxidação, influenciam nestes desgastes.

Como avarias da ferramenta, consideram-se as quebras, lascas, trincas devido à variação de temperatura, sulcos distribuídos em forma de pente (corte interrompido) e as deformações plásticas conforme mostradas na Figura 1. Em vários casos, a capacidade de corte da ferramenta, pode ser definida através de um determinado valor limite atribuído à avaria.<sup>(1-4)</sup>

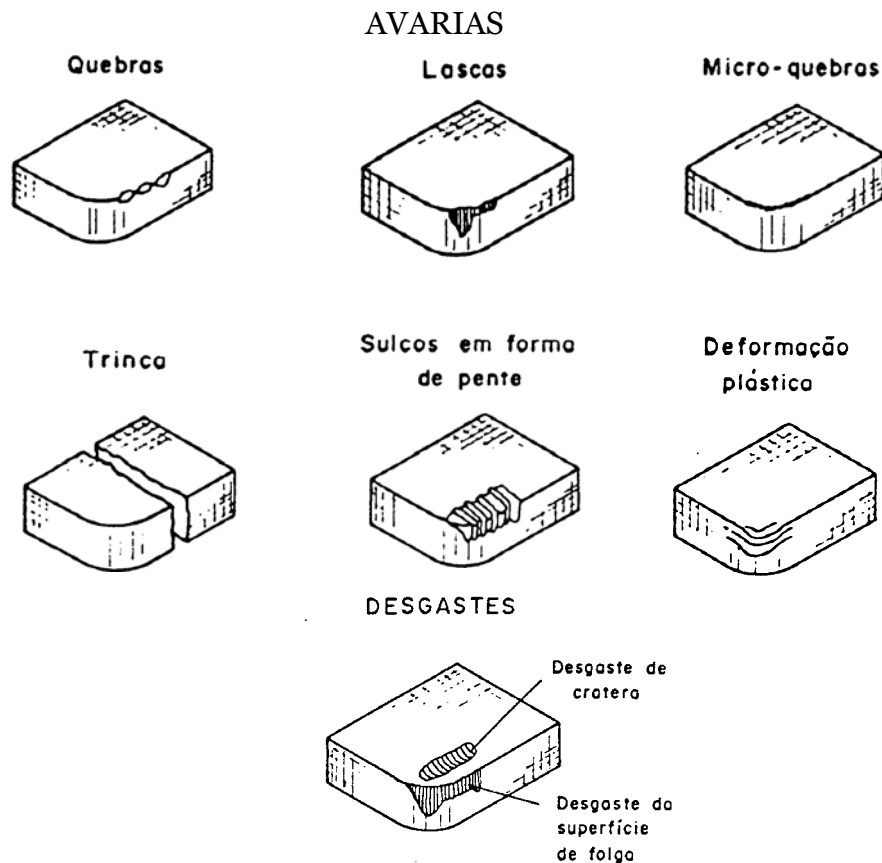


Figura 1. Avarias e Desgastes de uma Ferramenta.<sup>(1)</sup>

## 1.1 Desgastes

### 1.1.1 Tipos de desgastes e avarias

- **Desgaste Frontal (ou de flanco)** - causado através de fricção entre a superfície usinada e a área de contato no flanco de ferramenta.
- **Desgaste de Cratera** – ocorre na superfície de saída da ferramenta, causado pelo atrito entre ferramenta e cavaco.
- **Deformação Plástica da aresta de corte** – tipo de avaria da ferramenta. Gerado pela pressão aplicada à ponta da ferramenta, somada à alta temperatura.
- **Lascamento** – tipo de avaria. Partículas maiores da ferramenta são retiradas de uma só vez, ao contrário do desgaste frontal e de cratera.
- **Trincas** – tipo de avaria. Causadas pela variação da temperatura e/ou variação dos esforços mecânicos.
- **Quebra** – tipo de avaria. Com o crescimento dos desgastes e avarias das ferramentas podem gerar quebras. <sup>(2)</sup>

### 1.1.2 Mecanismos causadores dos desgastes

- **Aresta postiça de corte** – Formado na superfície de contato entre o cavaco e a superfície de saída da ferramenta, pela qual uma camada de cavaco que permanece aderente à aresta de corte modifica seu comportamento com relação à força de corte, acabamento superficial da peça e desgaste da ferramenta.
- **Abrasão** – Uma das principais causas dos desgastes gerando desgaste frontal e o desgaste de cratera, acentuado no desgaste frontal, já que a superfície de folga é atritada com a peça, enquanto a superfície de saída atrita com o cavaco. É incentivado pela presença de partículas duras no material da peça e pela temperatura de corte reduzindo a dureza da ferramenta.
- **Aderência** – Provocada pelo contato de duas superfícies metálicas sob cargas moderadas, baixas temperaturas e baixas velocidades de corte. Está presente na formação da aresta postiça, porém pode acontecer o desgaste por adesão sem a formação da aresta postiça.
- **Difusão** – Fenômeno microscópico acionado pela temperatura na zona de corte. Existe um compartilhamento de átomos entre os metais.
- **Oxidação** – Gerado na maioria dos metais devido às altas temperaturas e a presença de ar e água. <sup>(2)</sup>

## 1.2 Medições dos Desgastes

A medição dos desgastes representa um papel importante no processo de usinagem. Permite:

- Determinar as características de usinagem dos materiais;
- Prever a quebra da ferramenta;
- Prever vibrações do conjunto peça-ferramenta-máquina;
- Controlar a rugosidade superficial da peça;
- Controlar as dimensões geométricas da peça;
- Traçar as curvas de desgaste da ferramenta e, conseqüentemente as curvas de vida para a par ferramenta-peça;

Os desgastes são medidos no plano ortogonal da ferramenta. Na superfície de saída, têm-se os desgastes (Figura 2) denominados como: Profundidade de cratera ( $K_T$ ); largura da cratera ( $K_B$ ). Na superfície de folga mede-se a largura do desgaste de flanco ( $V_B$ ) que é a média da largura máxima do desgaste de flanco ( $V_{Bmax}$ ). Ainda mede-se o valor dos desgastes gerados na superfície de folga pelos entalhes ( $V_N$  e  $V_C$ ).<sup>(1,2)</sup>

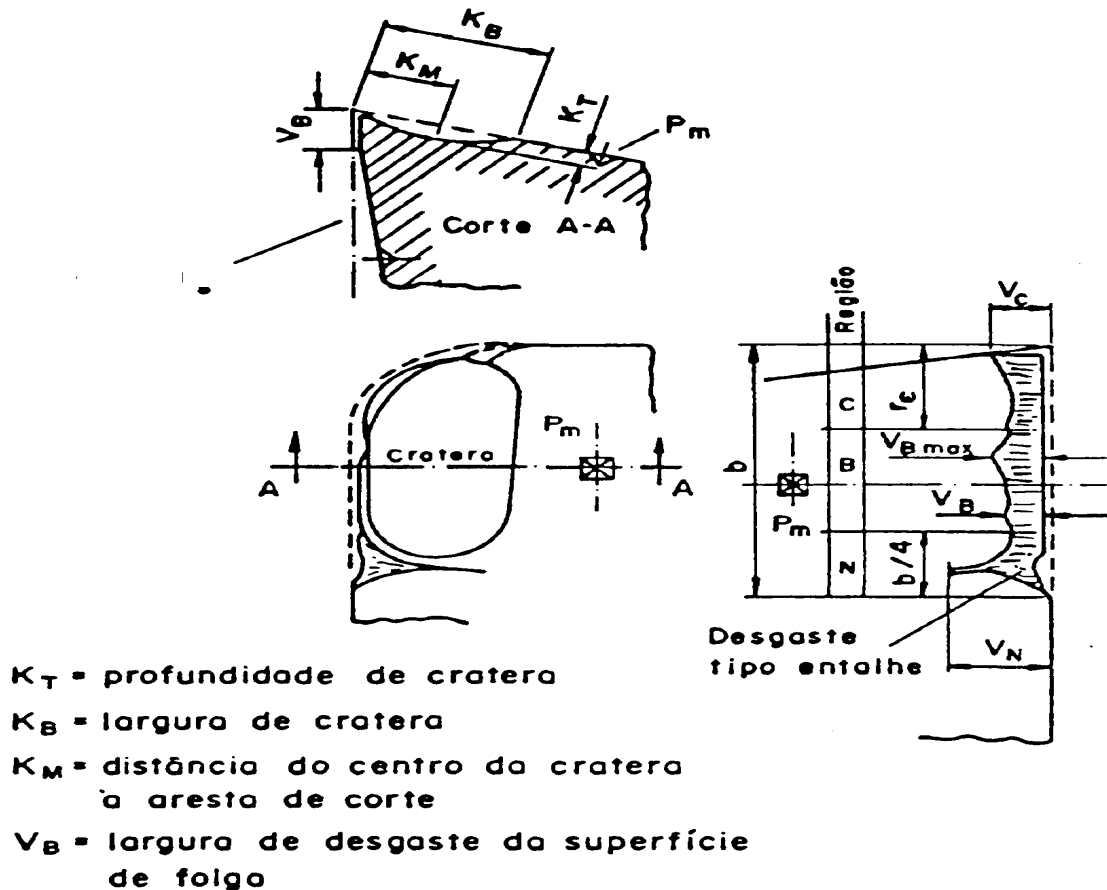


Figura 2. Desgastes das Ferramentas<sup>(1)</sup>

Existem vários métodos para a medição dos desgastes e avarias das ferramentas, conforme listados no Quadro 1:

**Quadro 1.** Métodos de medição.<sup>(1)</sup>

<b>MÉTODOS DIRETOS</b>	<b>MÉTODOS INDIRETOS</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Medição em oficina;</li><li>• Medição ótica em operação de fresamento;</li><li>• Medição através da variação da resistência elétrica de sensores;</li><li>• Medição por método radioativo;</li><li>• Medição através da análise química do material de desgaste;</li><li>• Medição através da pesagem da ferramenta;</li><li>• Medição da variação das dimensões da ferramenta;</li><li>• Medição por Microscopia Eletrônica de Varredura.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Medição através do deslocamento da superfície em usinagem em relação à ferramenta;</li><li>• Medição através da variação das dimensões da peça;</li><li>• Medição através da variação da rugosidade superficial da peça;</li><li>• Medição através da variação da força de usinagem;</li><li>• Medição através da variação da potência de usinagem.</li></ul>

Atualmente, muitos destes desgastes são avaliados na própria máquina para a solução rápida do defeito, sendo esta avaliação, executada com o auxílio de uma lupa com aumento de 10X. Porém, este método não permite a perfeita visualização dos desgastes existentes, fazendo com que sejam guardadas amostras dos inserts para a avaliação completa na Microscopia Eletrônica de Varredura.

O Microscópio Eletrônico de Varredura tem por princípio de funcionamento a formação de imagem por varredura de feixe de elétrons fornecendo imagens tridimensionais das amostras. Os elétrons passam por lentes eletromagnéticas, sendo dirigidas até as amostras. Os feixes primários retiram elétrons da superfície da amostra e, dessa forma os elétrons secundários produzidos são captados por um coletor de elétrons sendo amplificados produzindo a imagem da amostra na tela.

No MEV além de podermos analisar as imagens geradas, pode-se analisar a constituição da matéria através do raio-X, por espectômetros instalados na máquina, analisando de forma qualitativa e quantitativa as amostras.<sup>(1-3,5)</sup>

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

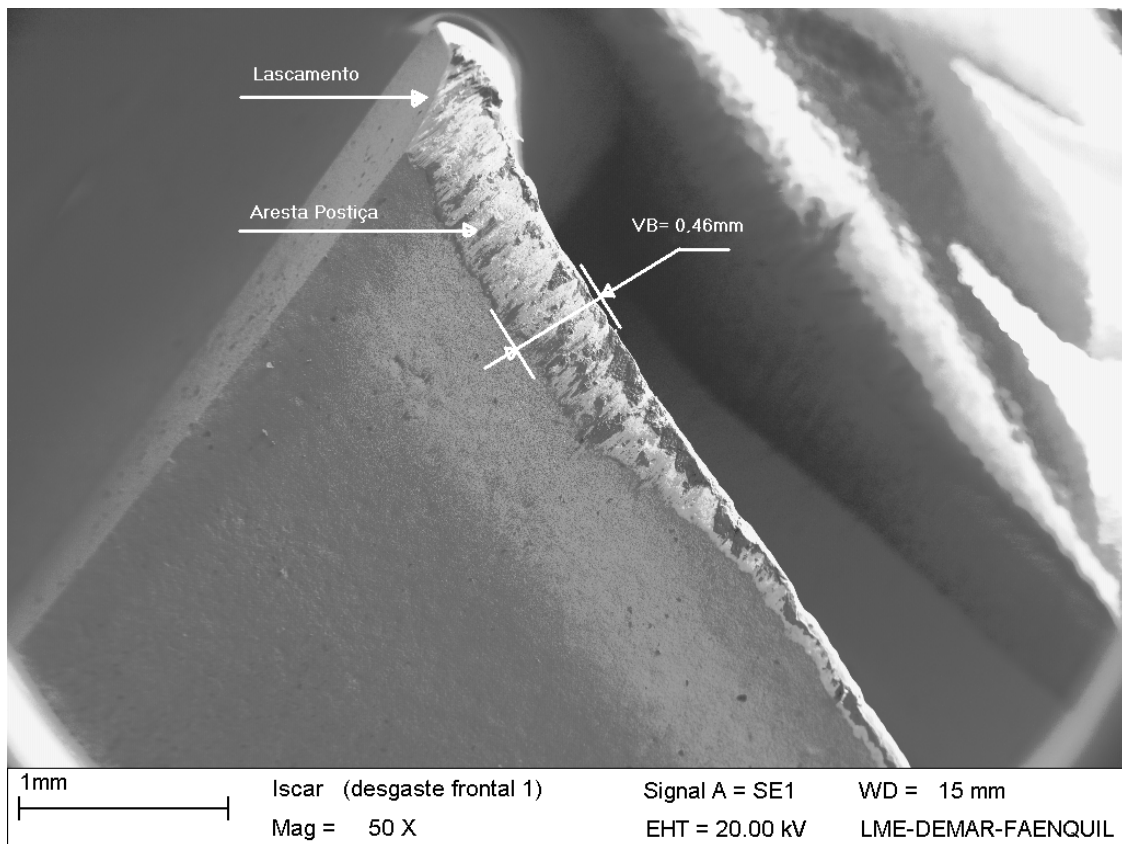
Utilizou-se como amostra, o inserto de Metal Duro APKT 100304 PDR HM IC20, sem cobertura, após o fresamento de Liga de Alumínio Fundido CS Si9Cu3-F, não sendo necessário nenhum trabalho metalográfico anterior (Figura 3).



**Figura 3.** Inserto (amostra)

Para as análises, utilizou-se o Microscópio Eletrônico de Varredura LEO 1450VP do Departamento de Engenharia de Materiais, DEMAR, Faenquil. Verificado o melhor posicionamento da aresta a ser analisada, por intermédio de uma fita especial de dupla face para o aterramento, afixou-se a amostra no porta amostras da máquina, introduziu-se no MEV acionando a câmara de vácuo para começar a análise da amostra.

Assim, pela emissão dos feixes de elétrons fazendo a varredura da amostra, o MEV gerou as imagens tridimensionais fornecendo a topografia da amostra. Em seguida, pelas linhas de raios-X emitidos, foram identificados os elementos que emitiam a radiação conforme comparação com um prévio banco de dados sobre os números atômicos de cada elemento encontrado.



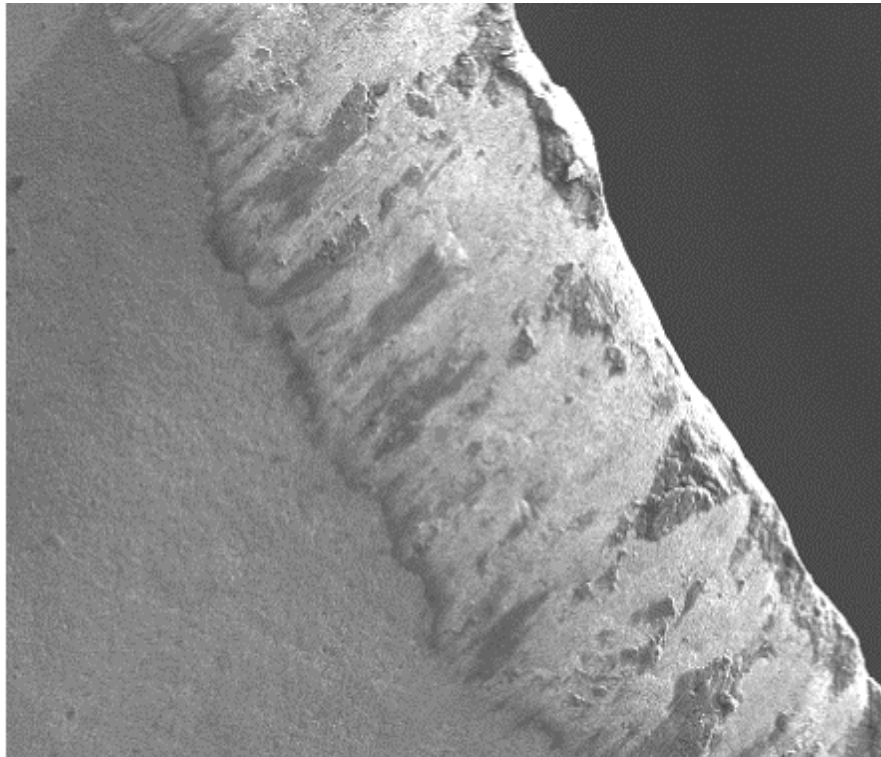
**Figura 4.** Imagem Topográfica dos Desgastes

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através das imagens topográficas da amostra conforme Figura 4, pode-se verificar a presença de um grande desgaste na aresta de corte do inserto. Pode-se encontrar o desgaste frontal ou de flanco ( $V_B=0,46\text{mm}$ ), também a ocorrência do lascamento na ponta da ferramenta e a presença de arestas postiças (no caso alumínio).

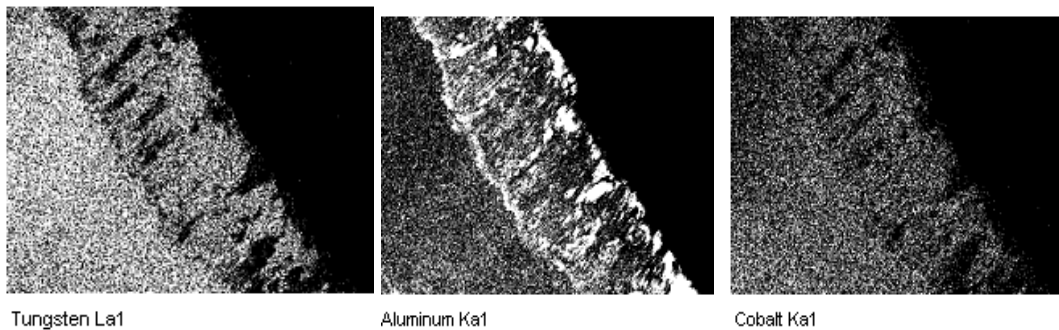
O alumínio fundido que apresenta pontos de areia da fundição, causou a abrasão do contato material/ferramenta gerando um grande desgaste de flanco na aresta em contato material/ferramenta, apesar de a ferramenta apresentar uma alta resistência ao desgaste para este material. Outro ponto importante foi a presença da aresta postiça, que é a aderência do cavaco de alumínio na superfície de saída da ferramenta, devido ao material apresentar alta ductilidade necessitando de altas velocidades de corte, o que não era possível, pois a ferramenta trabalhou nas condições máximas de corte possíveis pela máquina. Como a aresta postiça esteve presente no corte, este material foi sobrepondo na aresta, encruando e aumentando sua resistência mecânica e crescendo o volume gradualmente até num certo momento romper-se e causar a micro lasca na ponta da ferramenta.

Na análise de composição da ferramenta (amostra), mapeando uma parte de sua área (Figura 5), conseguiu-se determinar a sua composição visualizando o contraste encontrado de cada material (Figura 6).

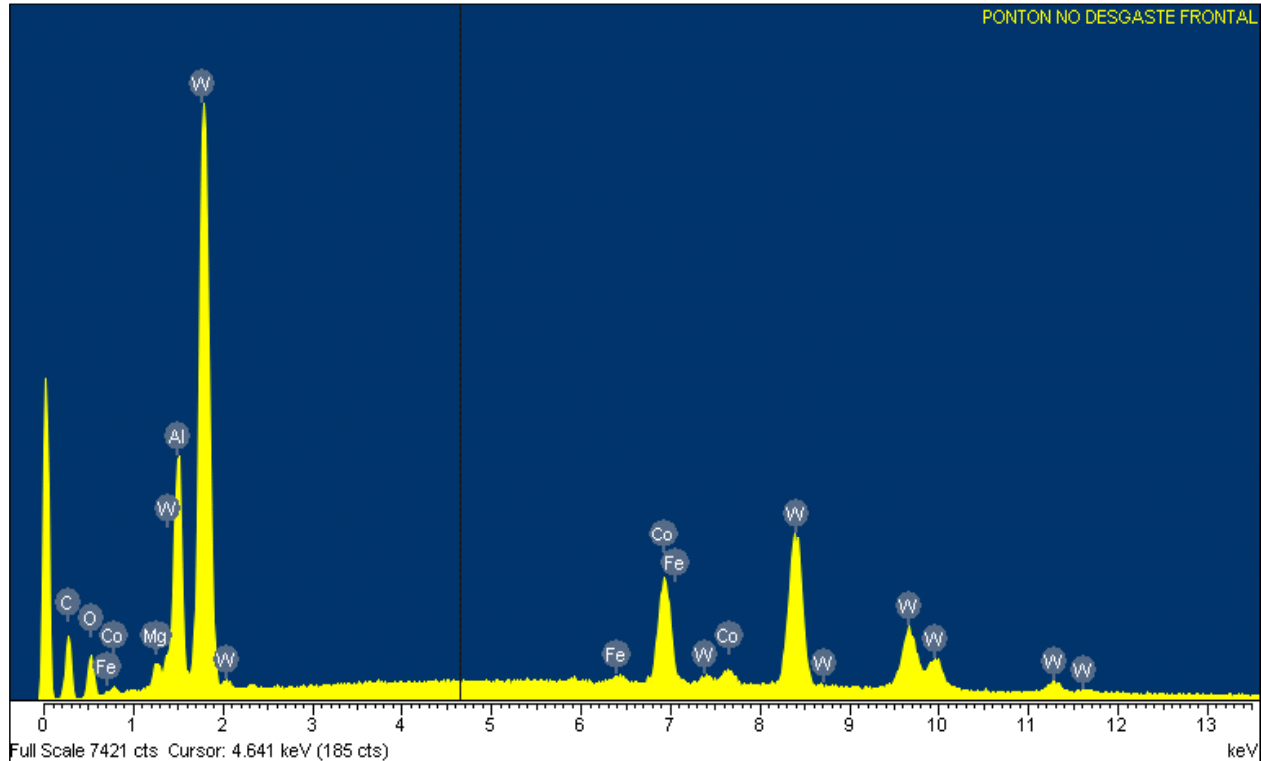


**Figura 5.** Área Mapeada da Amostra

Nas imagens da Figura 6, nota-se a presença do tungstênio e do cobalto que são os elementos base do substrato do metal duro da ferramenta e também a presença de alumínio, material este originado da peça de alumínio fresada e aderida na ferramenta, ou seja, formou-se como aresta postiça na ferramenta incluindo na superfície da ferramenta dentro dos espaços vazios devido à formação dos desgastes. Estes materiais podem ser visualizados na Figura 7 que apresenta os elementos químicos encontrados no mapeamento, como também alguns elementos como o magnésio e o ferro que podem estar incluído na liga do material usinado, porém mantendo-se as propriedades básicas do metal duro no substrato da ferramenta, e na Tabela 1 encontra-se os valores da composição química da amostra.



**Figura 6.** Contraste de cada material encontrado na área mapeada



**Figura 7 –** Análise Química da amostra feita pelo EDS (Energy Dispersive Spectrometer).



**Tabela 1.** Composição Química

Element	Weight %	Atomic %
C K	17.55	52.99
O K	7.08	16.05
Mg K	0.94	1.41
Al K	7.11	9.55
Fe K	0.79	0.51
Co K	15.23	9.37
WM	51.30	10.12
Totals	100.00	

#### 4 CONCLUSÕES

A análise da aresta de corte de uma ferramenta é de suma importância para a verificação e conhecimento dos tipos de desgastes e avarias que possam ocorrer na mesma, visando fazer as alterações necessárias em dados de cortes da máquina ou até mesmo a mudança do tipo ferramenta para a usinagem em questão reduzindo os desgastes destas ferramentas e aumentando sua vida útil.

Dessa forma, para a amostra estudada e com auxílio do MEV, pôde-se obter a identificação exata dos desgastes e avarias ocorridos e que não eram possíveis de serem visualizados apenas com a lupa, reforçando também a presença da aderência do material usinado na ferramenta, facilitando assim a determinação das possibilidades de alteração no processo para a melhoria do mesmo, além de comprovar a base da composição química do material do inserto.

#### REFERÊNCIAS

- 1 FERRARESI, D. “**Desgaste e Vida das Ferramentas de Usinagem**” , apostila–1980
- 2 DINIZ A. E.; MARCONDES F.C.; COPPINI N.L. **Tecnologia da usinagem dos materiais**. São Paulo. MM Editora, 1999
- 3 FERRARESI, D., **Fundamento da usinagem dos metais**, vol. 1., pp. 353-423, 1978
- 4 ROSA B.; DINIZ A. E. **Desgaste de Flanco e da Vida da Ferramenta no Fresamento de Topo**, Revista Máquinas e Metais, Aranda Editora, São Paulo, n.414, julho 2000
- 5 JÚNIOR D. R., **Microscopia Eletrônica de Varredura**, Apostila da Disciplina de Microscopia Eletrônica de varredura, UNITAU, Taubaté - 2005