



# DESGASTE EROSIVO POR LAMA EM REVESTIMENTO WOKA 3653 CARBETO DE TUNGSTÊNIO (86WC-10Co4Cr), OBTIDO PELA TÉCNICA HVOF

Rodrigo Feliciano da Veiga<sup>1</sup>, Carlos P. Bergmann<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Autor, Engenharia Civil, Laboratório de Materiais Cerâmicos, Escola de Engenharia, UFRGS

<sup>2</sup> Orientador, Departamento de Materiais, Laboratório de Materiais Cerâmicos, Escola de Engenharia, UFRGS

## INTRODUÇÃO

Materiais como cermets possuem excelente resistência ao desgaste. Atualmente, o processo de aspersão térmica HVOF (High Velocity Oxy - Fuel) é uma excelente opção para obtenção de revestimentos como os do tipo WC-Co, que oferecem elevada resistência ao desgaste erosivo e, pela presença de Cr (em pequenos teores), apresenta concomitantemente resistência à corrosão. Tais revestimentos podem ser empregados em equipamentos, por exemplo, de usinas hidroelétricas, construção civil, petroquímica, processamento de minerais, entre outras; aumentando a vida útil de seus componentes. Neste trabalho, foi possível avaliar o desgaste erosivo do revestimento 86WC-10%Co-4%, tendo em conta a taxa de erosão volumétrica das amostras em um recipiente de ensaios de lama, com o controle de parâmetros como a velocidade, volume de fluidos, temperatura e concentração de partículas erosivas (alumina eletrofundida).

## OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi estudar e avaliar o comportamento do material frente ao desgaste erosivo do tipo lama num equipamento para ensaios simulados sob impacto normal das partículas erodentes, do revestimento Woka 3653 de carbeto de Tungstênio (86WC-10Co4Cr) obtido pela técnica de aspersão térmica HVOF.

## PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

**1 - Fabricação e Preparação Metalográfica dos corpos de prova:** Utilizou-se uma cortadora de precisão de jato de água, formando peças com formato cilíndrico com 30mm de diâmetro e 10 mm de altura.

**2 - Caracterização dos corpos de prova:**

**2.1 - Análise Estrutural Difração de Raios-x (DRX):** Para verificar a caracterização qualitativa do instrumento, utilizou-se a análise (DRX) observando as fases cristalinas presentes em WC, W2C e W.

**2.2 - Análise Microestrutural - Microscopia Óptica (M.O) - Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) com Microsonda Acoplada (EDS):** Analisou-se a microestrutura do revestimento, identificando os fenômenos que ocorrem e concorrem na resistência ao desgaste do sistema utilizado.

**2.3 - Espessura:** fez-se o uso da microscopia óptica (M.O). A partir das micrografias de seções transversais, podendo definir sua espessura.

**2.4 - Porosidade Total:** Para a determinação da porosidade total, os corpos de prova foram preparados para leitura no MEV, foram feitas micrografias óticas e com o software ImageJ, foi possível identificar a proporção de áreas escuras (poros + óxidos) e área clara (revestimento).

**2.5 - Rugosidade Superficial:** Foi usado um equipamento de contato da marca Mitutoyo modelo SJ-400. Para cada revestimento efetuou-se a medição do Ra antes do desgaste, e após o desgaste erosivo.

**2.6 - Microdureza:** As medidas de microdureza foram feitas na escala Vickers de acordo com a norma ASTM E- 384-11 utilizando-se uma carga de 0,3 Kgf e um tempo de indentação de 30s. A dureza obtida foi uma média de 10 pontos feitos ao longo do corte transversal do revestimento e o aço.

**3 - Desgaste Erosivo por Lama:** Para realizar o desgaste erosivo, desenvolveu-se um equipamento, que permite o controle dos parâmetros necessários para o estudo. Através deste equipamento conseguiu-se realizar os ensaios com H<sub>2</sub>O em temperatura ambiente e 960 gramas de massa de erodente de alumina eletrofundida ALO marrom da companhia Treibacher.

**4 - Determinação da Área Erodida:** Fez-se a aquisição de imagens para que posteriormente com o programa ImageJ fosse possível ter estimada uma média da área desgastada pelo erodente.

**5 - Determinação da Profundidade Erodida:** Mediante um Scanner 3D, fez-se a aquisição da digitalização tridimensional das amostras, para que posteriormente fosse estimado a média da profundidade, a partir de 3 medidas.

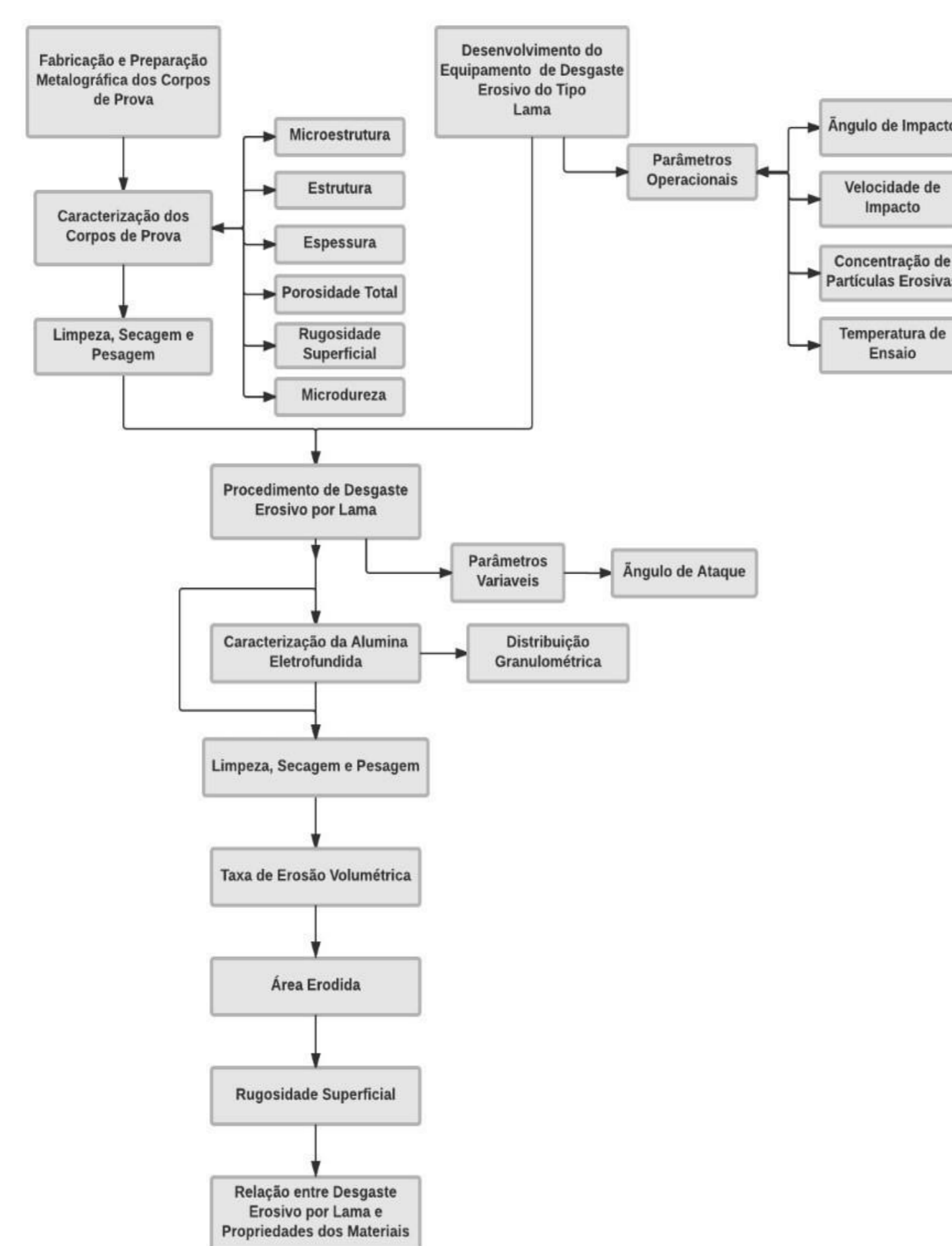


Figura 1:: Fluxograma do procedimento experimental.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa de erosão ou desgaste, foi determinada pela perda de volume por unidade de tempo, a partir da diferença da perda de massa, considerando a relação da densidade aparente do carbeto de Tungstênio Woka 3653 (86WC-10Co4Cr) = 12,5 g/cm<sup>3</sup> com a massa de erodente aproximada por ensaio de 960 gramas,

$$T_{volume} = \frac{(m_i - m_f)}{\rho_{ap} \times m_e}$$

Onde:

$T_{volume}$  = Taxa de erosão volumétrica, em (cm<sup>3</sup><sub>alvo</sub>/g<sub>erodente</sub>)

$m_i$  = Massa inicial da amostra, em (g);

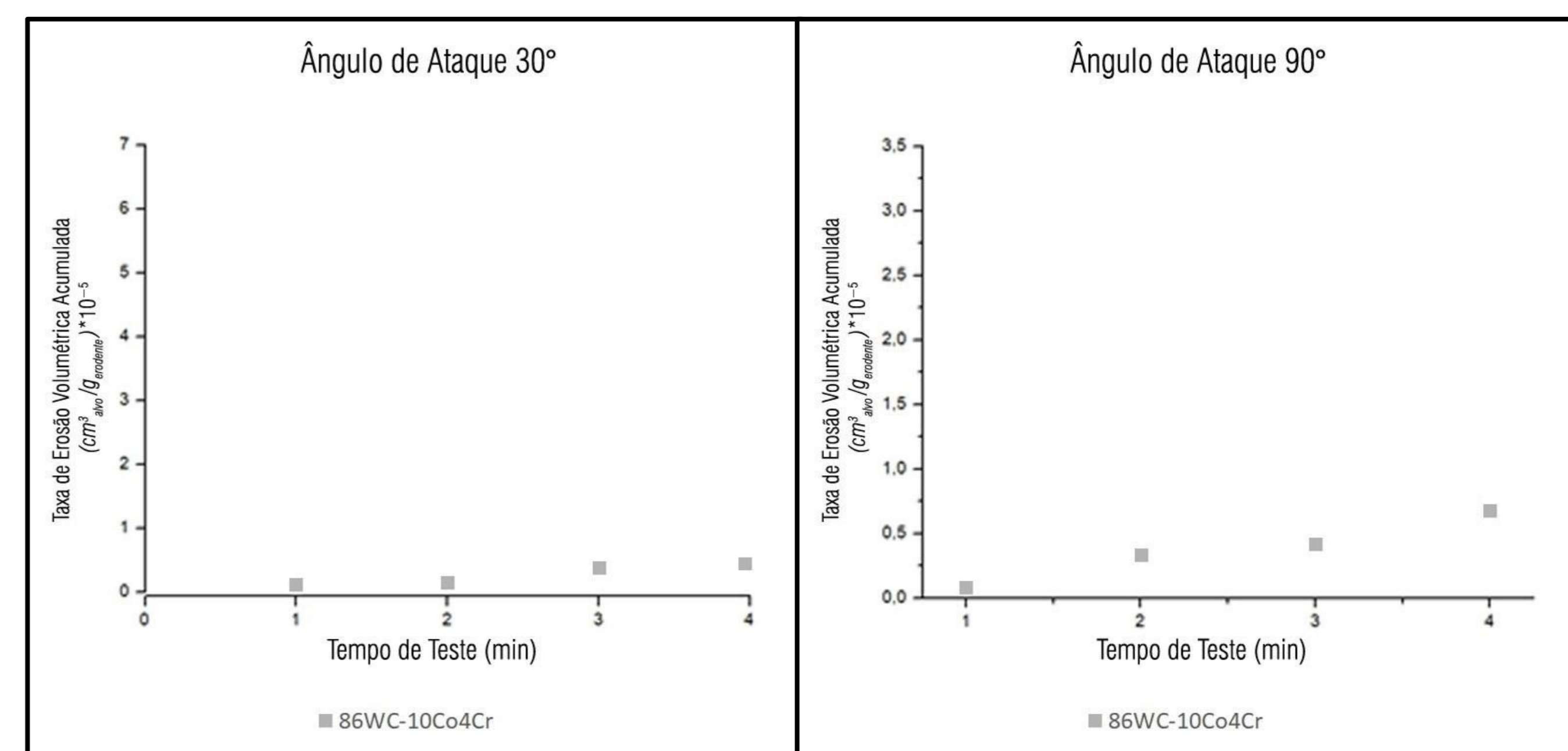
$m_f$  = Massa final da amostra, em (g);

$\rho_{ap}$  = Densidade aparente do revestimento, em (g/cm<sup>3</sup>);

$m_e$  = Massa de erodente utilizada, em (g).

Equação 1: Cálculo da Taxa de erosão volumétrica.

A figura 2 apresenta a taxa de erosão acumulada por massa de erodente impactada, em perda de volume das peças ensaiadas. Em função do ângulo de ataque pode-se ver que o revestimento de carbeto de Tungstênio Woka 3653 (86WC-10Co4Cr), apresentou maior desgaste erosivo em ângulo de ataque de 90° do que em 30°, isto se deve à ação repetida das partículas erosivas perpendicularmente à superfície, produzindo microfaturas que contribuem no desgaste do metal duro WC, resultando na sua eventual retirada, concordando com os resultados de (BARBER; MELLOR; WOOD, 2005).



(a) Ângulo de 30°

(b) Ângulo de 90°

Figura 2:: Gráfico comparativo da taxa de erosão.

## CONCLUSÕES

Desenvolveu-se a erosão no equipamento experimental de simulação de desgaste erosivo do tipo lama, com as condições que permitiram o controle dos parâmetros de teste como o ângulo de impacto, a velocidade do impacto, concentração de partículas erosivas na suspensão e temperatura de ensaio, variáveis significativas na determinação do comportamento do material e suas propriedades mecânicas submetidos nas condições propostas pelo trabalho. Com isso, foi possível fazer uma simulação no material de revestimento 86WC-10Co4Cr, nos ângulos de 90° e 30° graus, observando como o material reagiria em ambos os ângulos no decorrer do tempo.

Técnica	Finalidade	Parâmetros
Difração de Raios X	Análise Qualitativa de Fases por Difração de Raios-X (DRX)	Difratômetro PHILIPS Modelo X'Pert MPD 40 kV e 40 mA
Análise granulométrica	Distribuição do tamanho de partícula	Granulômetro por difração a laser CILAS - Modelo 1180
Microscopia eletrônica de varredura- EDS	Morfologia, Composição 86WC-10Co4Cr	Microscópio EVO - Modelo MA10 Microsonda EDS acoplada SHIMADZU- Modelo SSX-550
Microdureza Vickers	Microdureza	Microdurômetro Buehler Micromet 2001 Carga de 3 N
Microscopia ótica	Microestrutura	Microscópio Olympus BXS1M Câmera acoplada Infinity1
Análise por imagem	Porosidade, Espessura	Software Image J ASTM E2109-01
Rugosidade (Ra)	Rugosidade superficial	Mitutoyo modelo SJ-400

Tabela 1:: Caracterização realizada neste trabalho..