

# Produção de Filmes de Carbeto de Tungstênio de Estrutura Cúbica ( $\beta$ -WC) para Novas Aplicações Industriais

Elvis O. López<sup>a</sup>, Noemi R. Checca<sup>a</sup>, Pablo L. Bernardo<sup>b</sup>, Ofelia M.A. Pinedo<sup>c</sup>, Angélica M.B. Moncada<sup>c</sup>, Alexandre Mello<sup>a</sup>

(a) Laboratório de Superfícies e Nanoestruturas, COMAN, CBPF, Urca, RJ, Brasil

(b) Laboratório de Ciências Físicas, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil

(c) Laboratorio de Investigación de Electroquímica Aplicada, Universidad Nacional de Ingeniería, Rímac, Lima, Perú

\*elvis@cbpf.br ou lopmez@gmail.com

## INTRODUÇÃO

Carbeto de Tungstênio ( $WC_x$ ) são materiais que apresentam excelentes aplicações tecnológicas e industriais como: protetores de ferramentas de corte e perfuração, mitigadores à corrosão, protetores térmicos aeroespaciais, células de combustível por troca de prótons ou indutores de hidrogênio verde, entre outros [1,2].

Por outro lado, o sistema de deposição RAMS feito no CBPF, ainda não foi explorado para produção de materiais ultraduros como no caso dos  $WC_x$ , o que torna uma novidade este trabalho. RAMS é um sistema de magnetron sputtering de catodos enfrentados operando por rádio frequências e em ângulo reto ao substrato [3]. O sistema RAMS em anteriores casos demonstrou seu potencial na produção de materiais biocerâmicos de hidroxiapatita ( $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ ), o que levou a propor dois modelo no crescimento de filmes cristalinos de estruturas complexas, devido ao incremento de energia do plasma e ionização das partículas pulverizadas dos alvos, feito a traves de ressonâncias de ondas eletromagnéticas no próprio plasma do RAMS [3].

Desta forma, este trabalho além de fortalecer nosso modelo de mecanismo de deposição proposto, irá abrir novas oportunidades de pesquisa no CBPF, direcionados às diversas aplicações em energias renováveis limpas e outras.

## OBJETIVOS

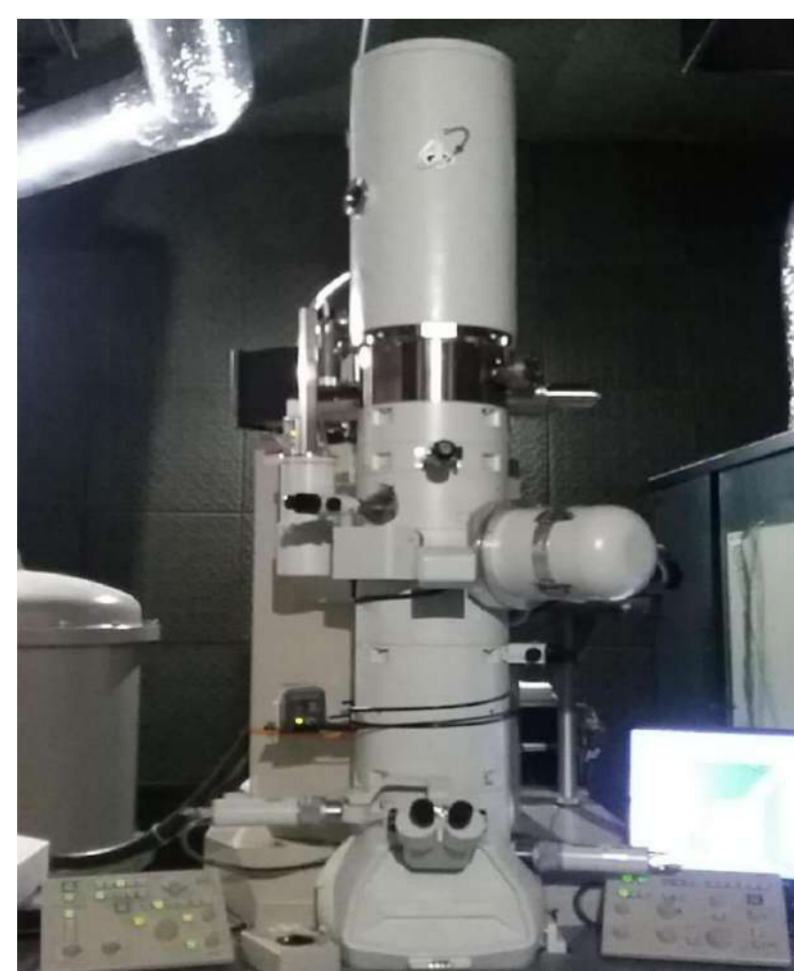
Controlar os parâmetros de deposição do sistema de sputtering de magnetrons enfrentados (RAMS) para a produção de filmes finos e cristalinos de carbeto de tungstênio da fase preferencial cúbica ( $\beta$ -WC), sem necessidade de realizar tratamentos térmicos nos substratos (i.e. a temperatura ambiente).

## METODOLOGIA

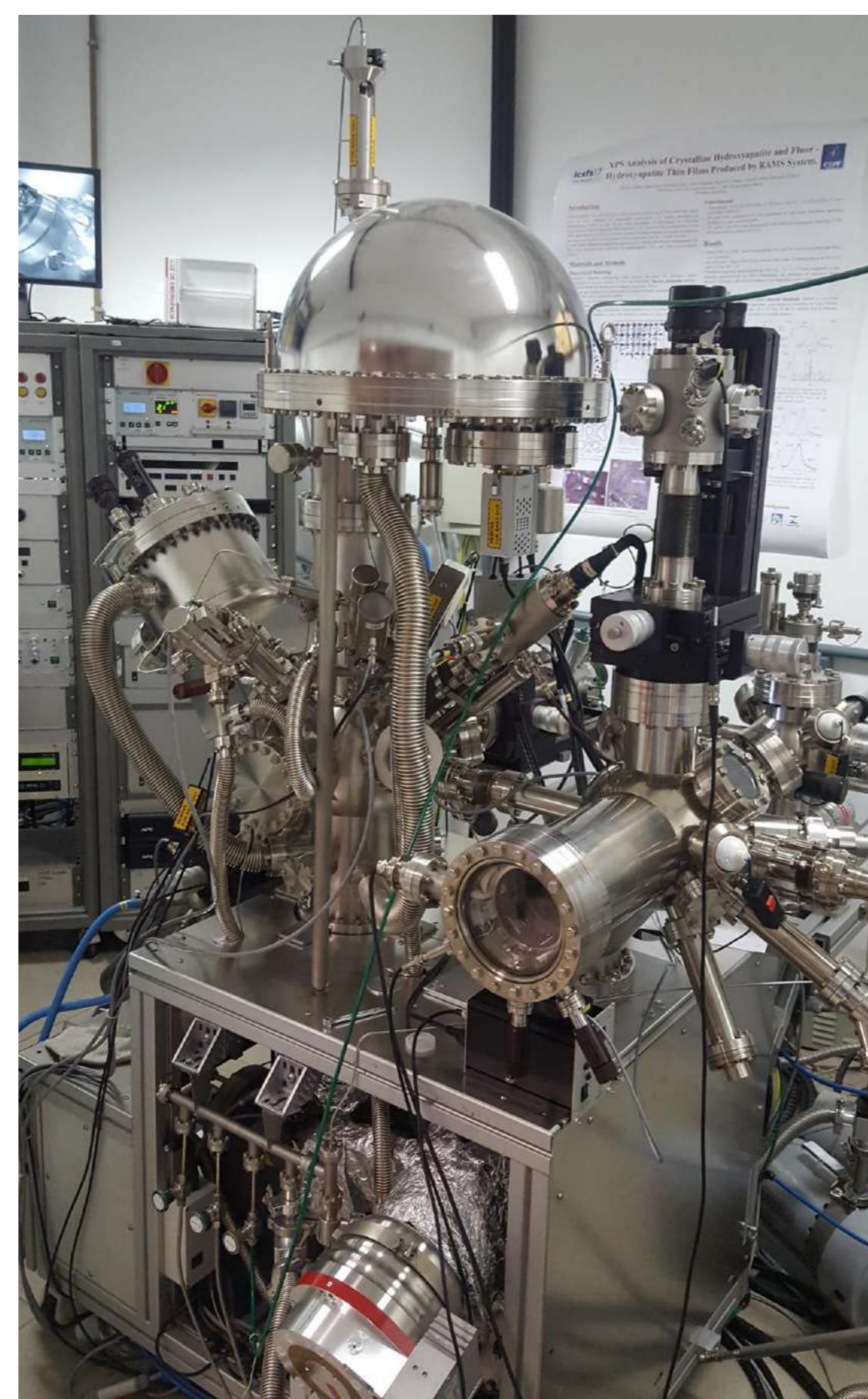
- Foi usado o sistema RAMS, onde se realizou uma adaptação nos canhões magnetrons para uso em materiais condutores.
- Foram usados diversos substratos de Si(100), SiO<sub>2</sub>(100), Cu, Al, SS304, Ti, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Grafito, carbon-vítreo (GC).
- Foram usados técnicas de caracterização como: difração de raio-X (XRD), espectroscopia de fotoelétrons excitados por raios-X (XPS), microscopia eletrônica de transmissão (TEM), entre outros.



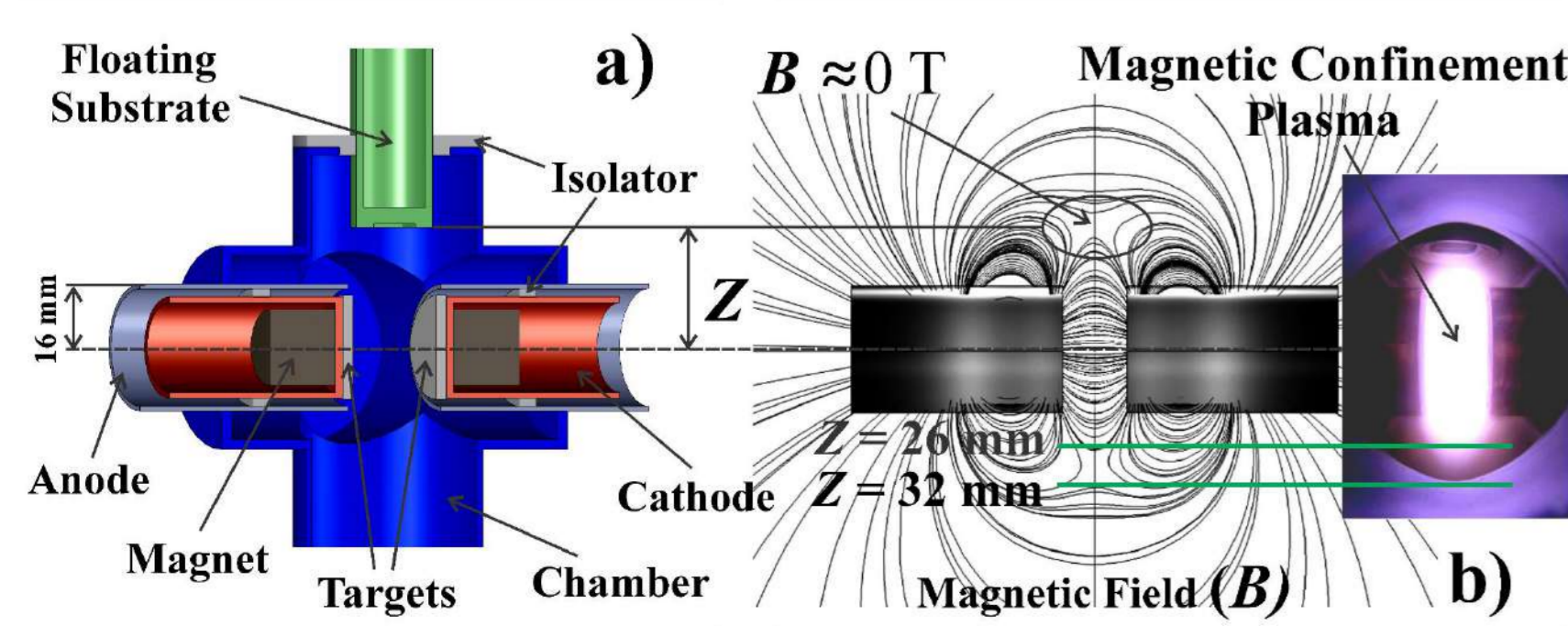
Sistema RAMS



Equipamento TEM

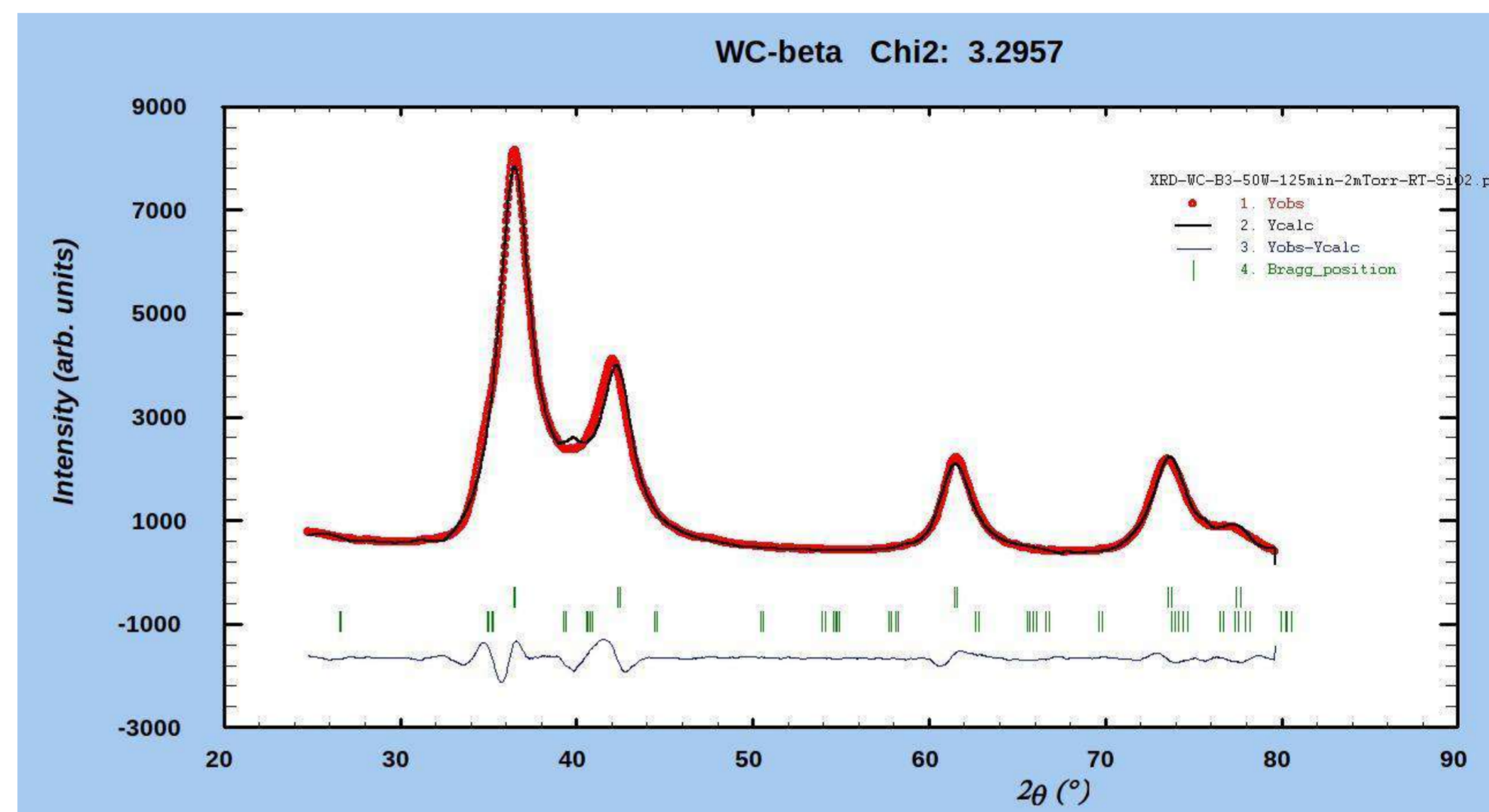


Equipamento de XPS

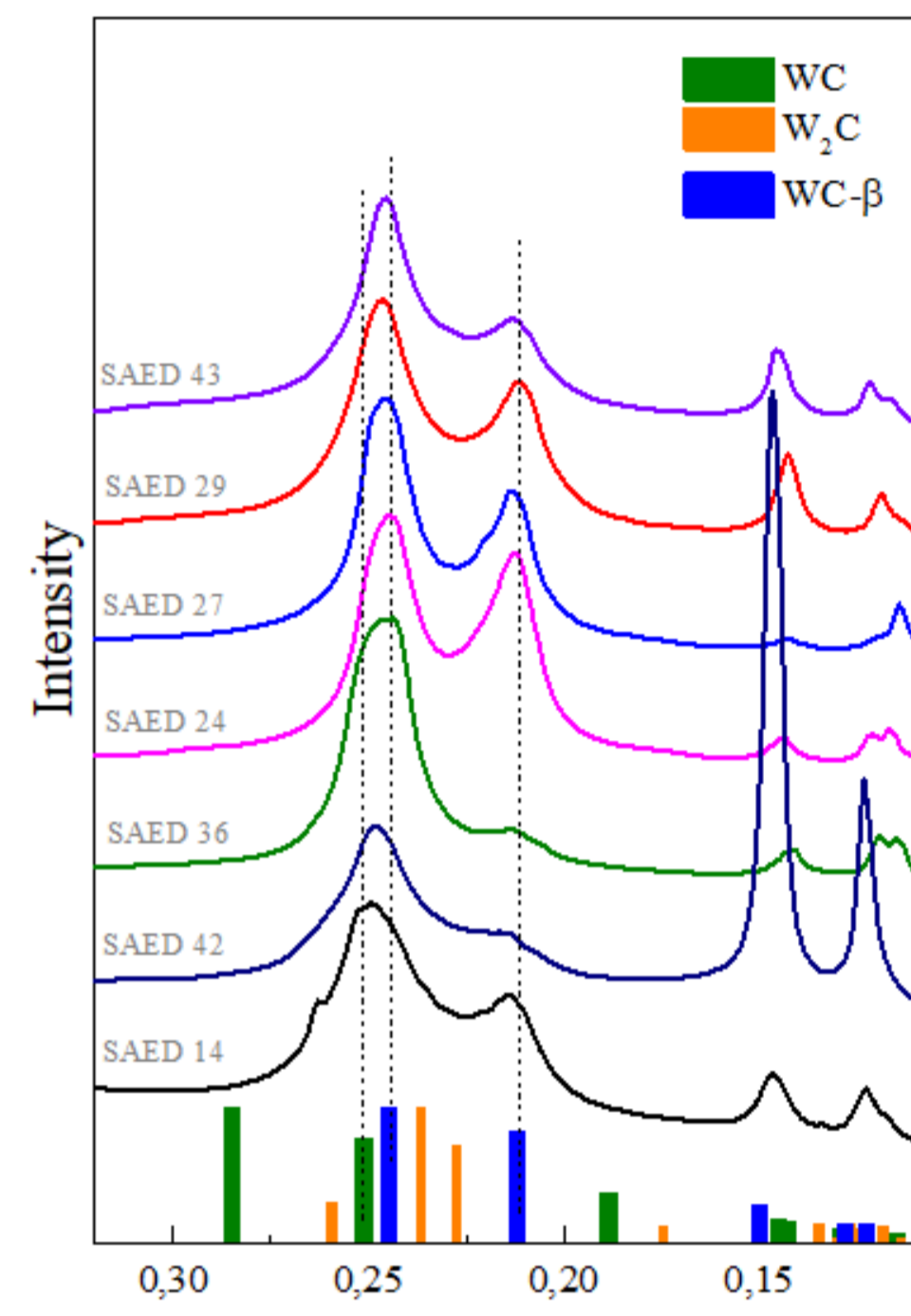


Modelo de Deposição Proposto

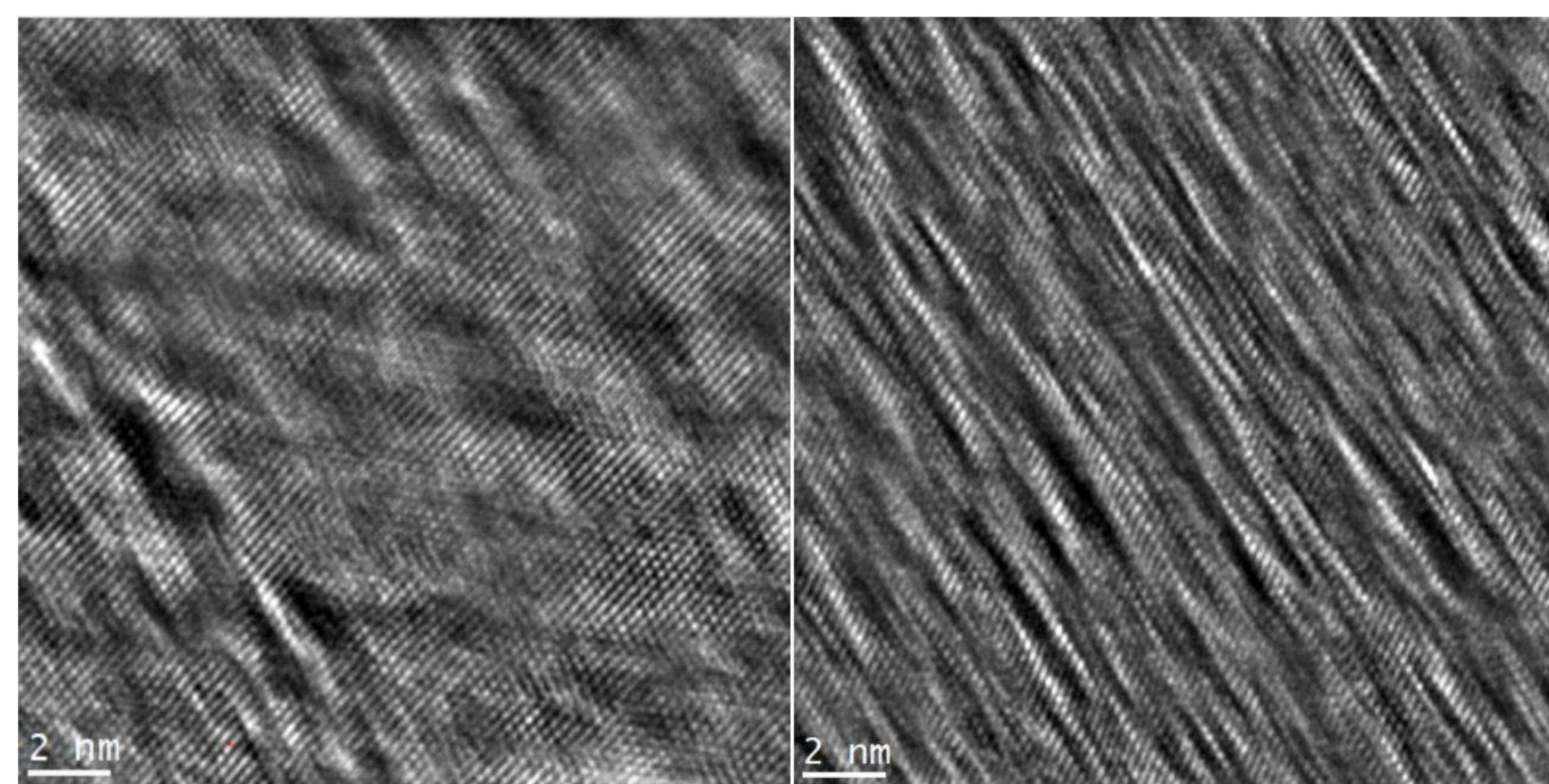
## RESULTADOS & DISCUSSÕES



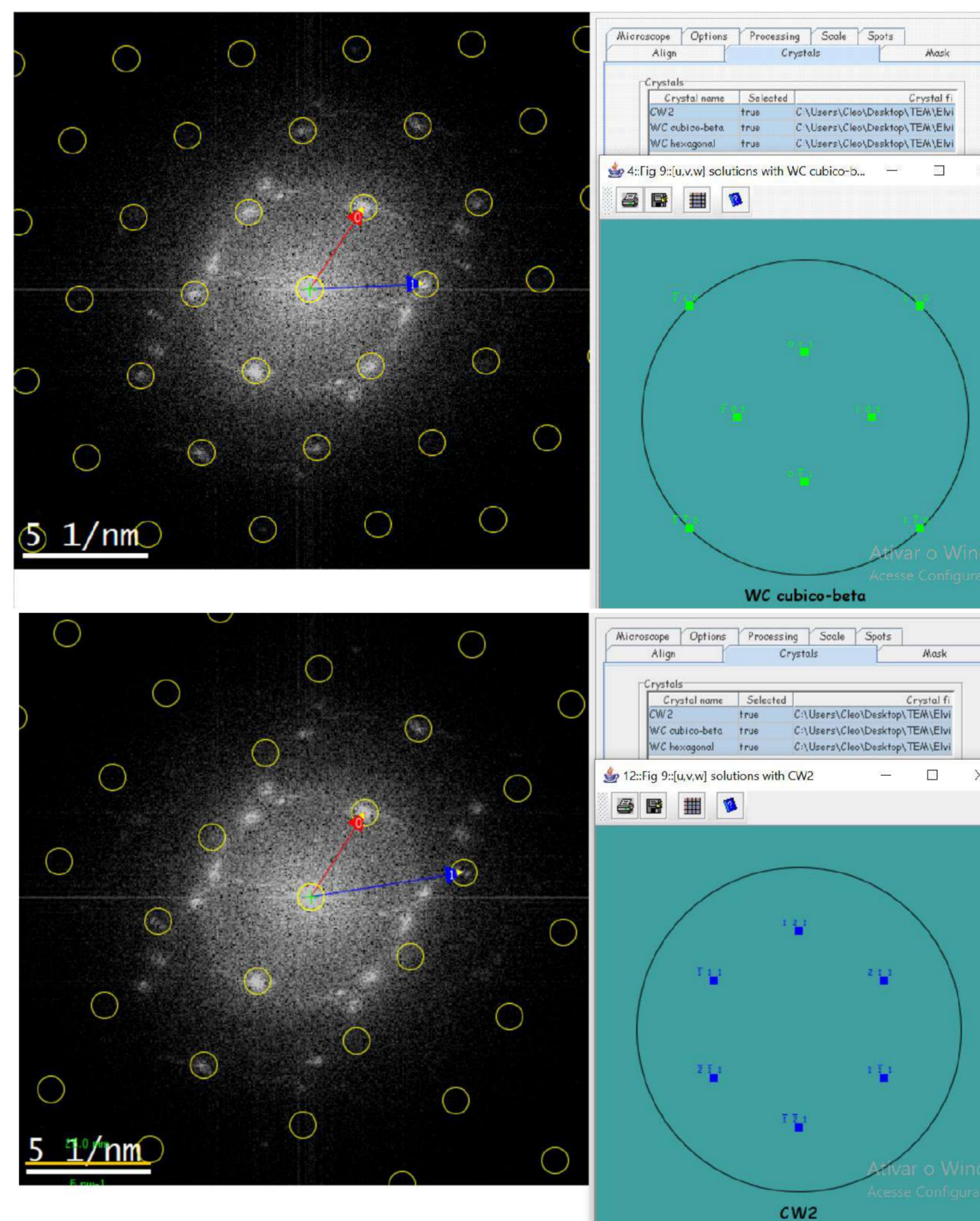
Refinamento do padrão de XRD pelo método Rietveld



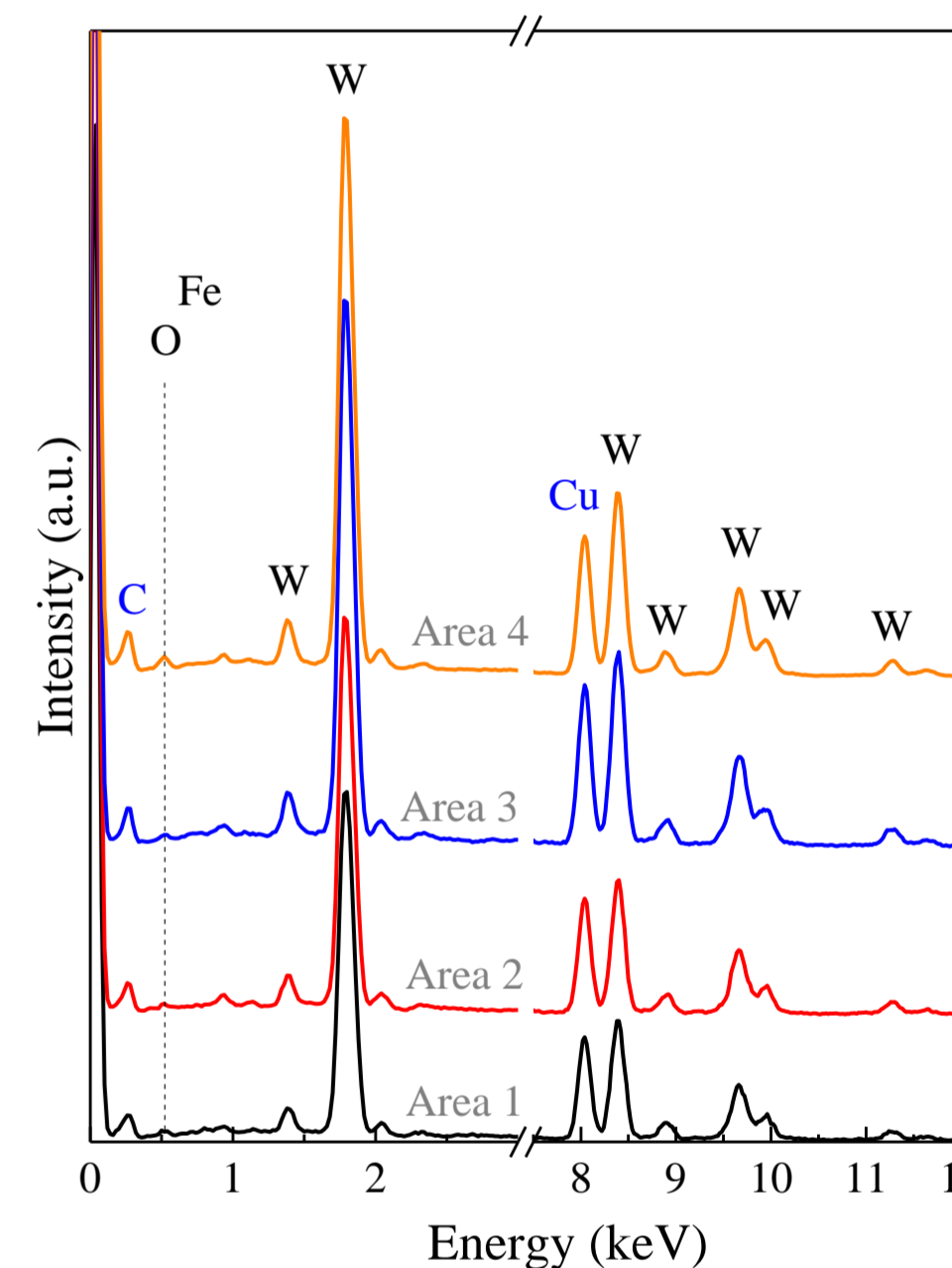
Difração local por elétrons (SAED)



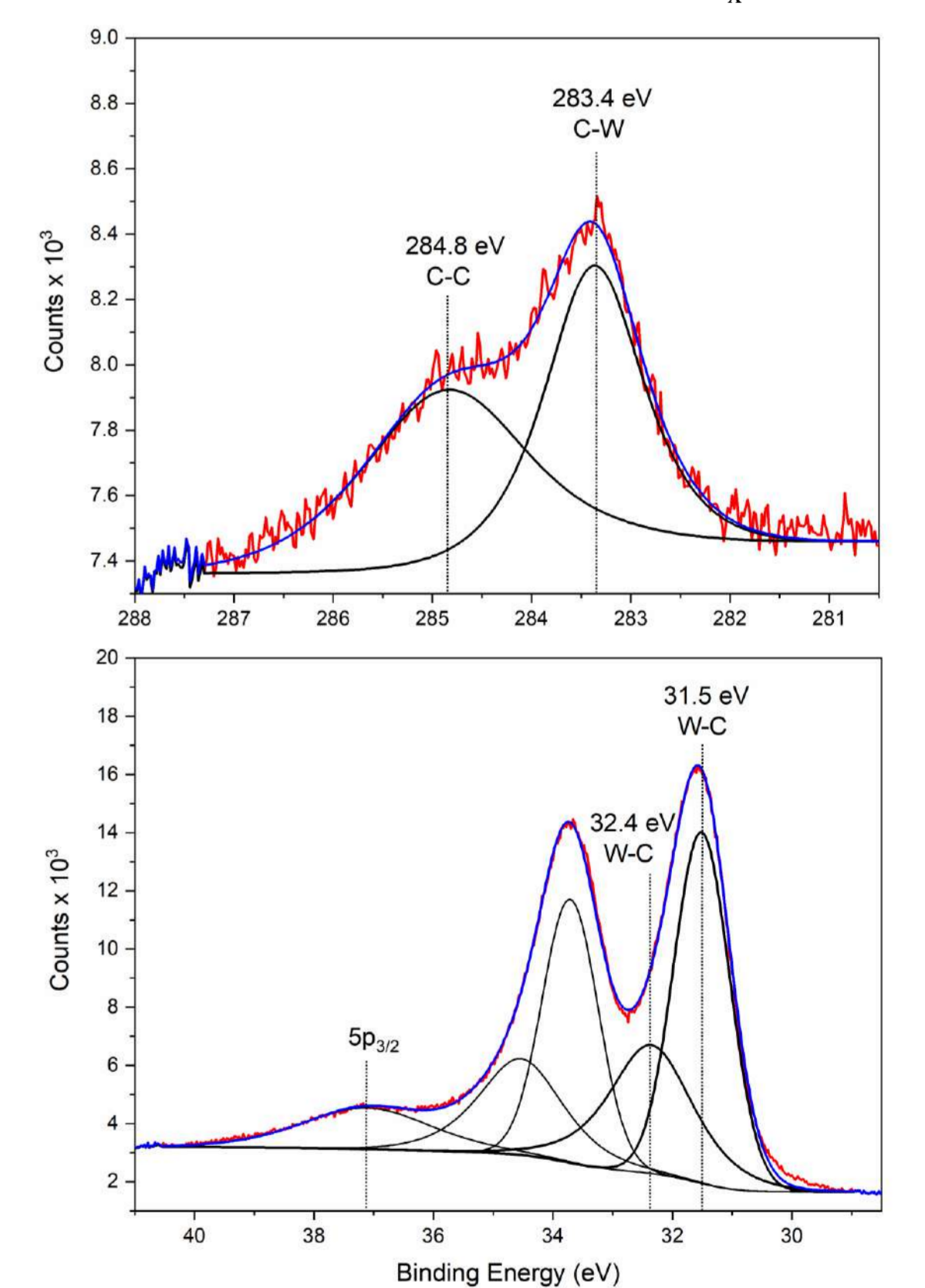
TEM por alta resolução (HRTEM) do filme de  $WC_x$  depositados sobre  $Al_2O_3$



Indexação da transformada de Fourier rápida (FFT) nos nanodomínios cristalinos do filme de  $WC_x$



Espectroscopia de EDS no interior do filme de  $WC_x$



Espectroscopia de XPS na superfície do filme

## CONCLUSÕES

- Se conseguiu produzir filmes cristalinos de  $WC_x$  de fase preferencial cubica ( $\beta$ -WC) com 68% em concentração, e outra fase triclinica de  $W_2C$  com 32%.
- Os filmes são nanoestruturados, apresentando nanodomínios cristalinos da ordem dos 7 nm ( $\beta$ -WC) e uma outra morfologia orientada de  $W_2C$ .
- O bulk dos filmes não apresentam Oxigênio, mas na superfície se observa uma concentração abaixo de 6%.
- Se verifica o modelo de mecanismo de deposição do sistema RAMS [3], da qual pode ser usado para produção de outros materiais compostos com fases cristalinas complexas.

### REFERENCES:

- R.R. Phiri, O.P. Oladijo, E.T. Akinlabi, Tungsten carbide thin films review: Effect of deposition parameters on film microstructure and properties, Procedia Manuf. 35 (2019) 522 – 528.
- Y. Hara, N. Minami, H. Itagaki, Synthesis and characterization of high-surface area tungsten carbides and application to electrocatalytic hydrogen oxidation, Appl. Catal. A: Gen., 323 (2007) 86 – 93.
- E.O. López, F.O. Borges, A.M. Rossi, R.M.O. Galvão, A. Mello, The role of lower hybrid resonance and helicon waves excitations in a magnetized plasma for coatings production of complex crystalline structures as hydroxyapatite, Vacuum 146 (2017) 233 – 245.