

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DO DESGASTE EROSIVO EM TUBULAÇÃO DE 4" TRANSPORTANDO ÁGUA E AREIA A 5,4M/S, COMPARADO COM EXPERIMENTO OPERANDO NAS MESMAS CONDIÇÕES

Renato Pacheco Silva; Aristeu da Silveira Neto; Sinésio Domingues Franco.

O propósito deste modelo é servir como base para o resumo/artigo de páginas ilimitadas que deve ser enviado ao 21º POSMEC – Simpósio do Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, que acontecerá entre os dias 28 de novembro a 02 de dezembro de 2011 na Faculdade de Engenharia Mecânica.

Este trabalho tem como objetivo, avaliar o desgaste erosivo em uma tubulação de 4" transportando água e areia, através de técnicas de CFD (*Computational Fluid Dynamics*) e os resultados obtidos são comparados com resultados de experimentos realizados nas mesmas condições e medidos com técnicas de interferometria a laser.

No equipamento *Loop* foi utilizada uma curva de 90° projetada para receber um corpo de prova curvo. Este porta amostra foi construído tendo como incentivo um trabalho de Chen, McLaury & Shirazi (2006), que também fizeram um porta amostra para uma curva de 90° para análise do desgaste erosivo. Dadas algumas diferenças entre os dois projetos, este corpo de prova fica sujeito então ao impingimento de materiais erosivos injetados metros antes na tubulação do *Loop*. Este equipamento opera com velocidade máxima de 5,4 m/s, utilizando uma bomba centrífuga. Devido à forma como bombeia, a bomba centrífuga tem como característica um grande aquecimento do fluido envolvido.

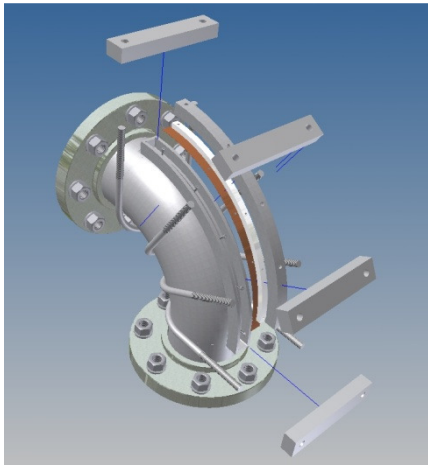


Figura 1: Modelo do porta amostra



Figura 2: Montagem do porta amostra no *Loop*

Utilizando então a velocidade máxima, foi medido o desgaste erosivo na curva, em uma amostra de alumínio comercialmente puro após 4 horas de ensaio, realizados ao longo de uma semana (um hora por dia, devido ao aquecimento do fluido) e uma vazão de areia de 0,00355 kg/s. Após estas quatro horas de ensaio, a amostra foi retirada do porta amostra e observada em um equipamento de interferometria a *laser*, para analisar o possível desgaste obtido. Foi também observada a amostra, em três seções selecionadas, no microscópio eletrônico de varredura.

Utilizando os mesmos parâmetros do experimento como condições de contorno para a simulação numérica, foi realizada então a simulação do desgaste erosivo através do software Fluent (ANSYS, Inc). O software em questão oferece a possibilidade de simular o transporte de fluidos como fases contínuas eulerianas e partículas como fases dispersas ou discretas, lagrangianas. A abordagem de Euler-Lagrange foi utilizada. Através da metodologia RANS (*Reynolds Averaged Navier Stokes*), foi simulado o escoamento da fase contínua. De dez em dez passos de tempo, foram realizadas as interações da fase dispersa (areia), em um acoplamento conhecido como acoplamento de duas vias. Para a fase dispersa, utilizou-se a abordagem lagrangiana DPM (*Discrete Phase Model*). No acoplamento de duas vias o objetivo é observar tanto a influência da fase discreta na fase contínua, quanto a influência da fase contínua na fase discreta. Sendo assim, e utilizando ainda o modelo de turbulência k- ω -SST para a fase contínua e o modelo de erosão padrão do software, que leva em conta a influência do diâmetro da partícula, da velocidade da partícula e do comportamento do material erodido, obteve-se os resultados simulados para serem comparados com os resultados obtidos experimentalmente.

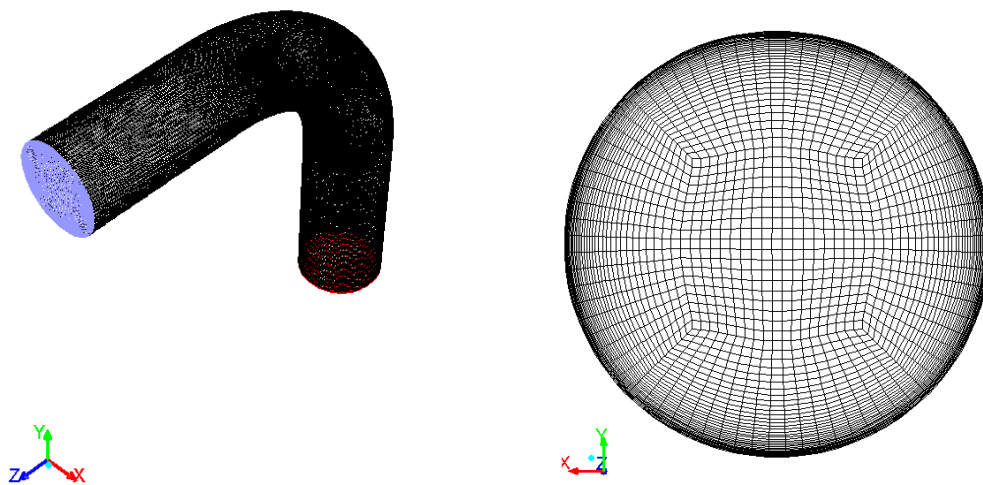


Figura 3: Geometria e malha para simulação computacional

A distribuição de diâmetro das partículas utilizadas na simulação (Figura 4) foi obtida através de observação no microscópio ótico, dos diâmetros de 90 grãos de areia coletados aleatoriamente. Esta distribuição entra como condição de contorno na simulação através de uma distribuição de Rosin-Rammler com um coeficiente que aproxime a distribuição a uma distribuição normal (que foi a observada no microscópio).

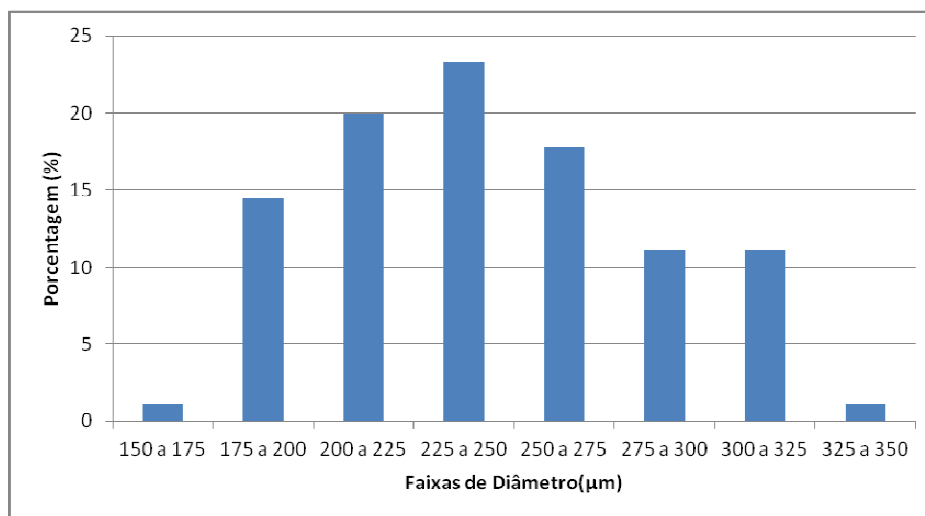


Figura 4: Distribuição de diâmetro de partícula abrasiva por porcentagem

De acordo com as análises computacionais, observou-se um desgaste muito pequeno da tubulação, como mostra a Figura 5. Algo tão pequeno que dificilmente poderia ser capturado por uma técnica de interferometria. Isto de fato foi observado na interferometria. Pela análise de interferometria não foi possível dizer se a quantificação obtida via simulação era realmente próxima ao obtido experimentalmente. Ainda assim, pôde-se observar o comportamento diferenciado nos ângulos de ataque próximos a 45° (Figura 6), o que era esperado.

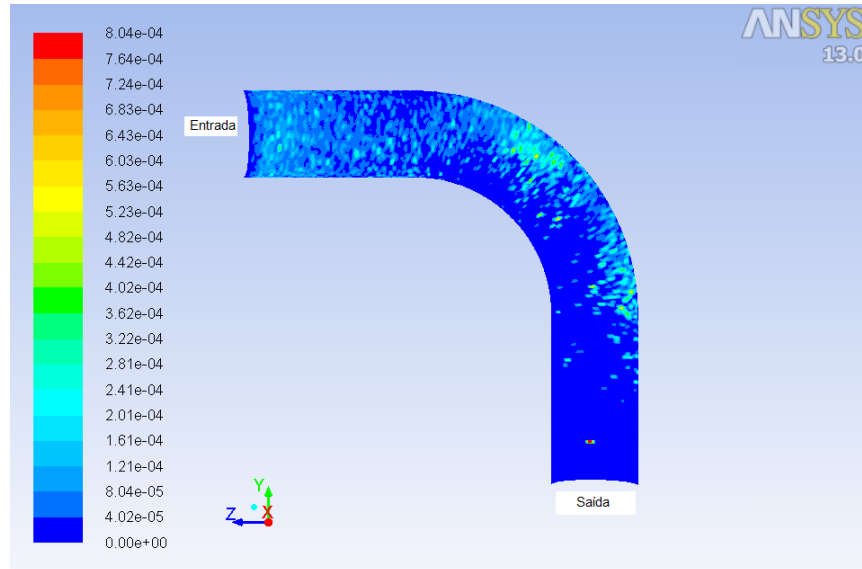


Figura 5: Vista inferior em corte, da taxa de desgaste em mm/ano com velocidade de 5.4m/s do escoamento água-areia, no Alumínio

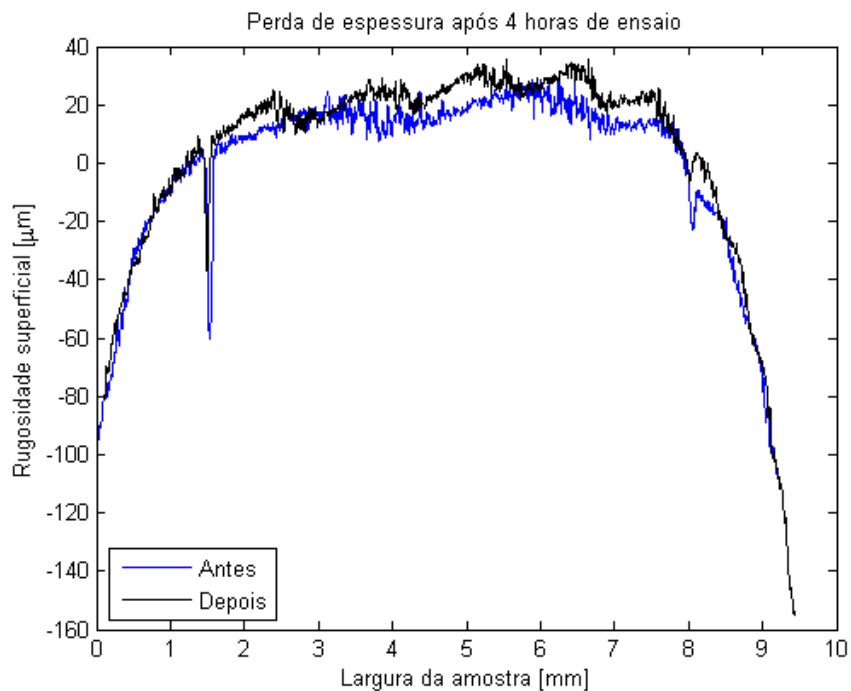


Figura 6: Variação da espessura da amostra a 45°

Não foi possível obter a erosão pura no experimento, pois o material utilizado (Alumínio comercialmente puro) apresentou pontos de corrosão, como pode ser observado na Figura 7. Estes pontos podem ter surgido devido ao fato do constante rompimento da camada apassivadora nas sequências de impacto das partículas na amostra. Este é um resultado interessante, pois a região de 45° que foi a mais erodida pela simulação computacional, foi a que apresentou um aumento de espessura média na análise via interferometria. Mesmo que os valores não possam ser quantificados de forma precisa, o comportamento do sistema pôde ser observado de maneira bastante clara. Ainda com análises via microscopia eletrônica de varredura ficou comprovada a região de 45° como a região que apresentou maior quantidade de sulcos provenientes do impacto e destacamento de material dado pelo processo erosivo, como pode ser visto na Figura 8.

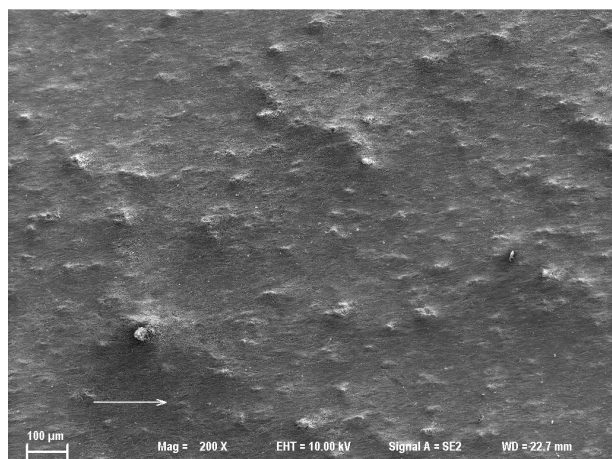


Figura 7: MEV na região de ângulo de aproximadamente 45° com ampliação de 200x

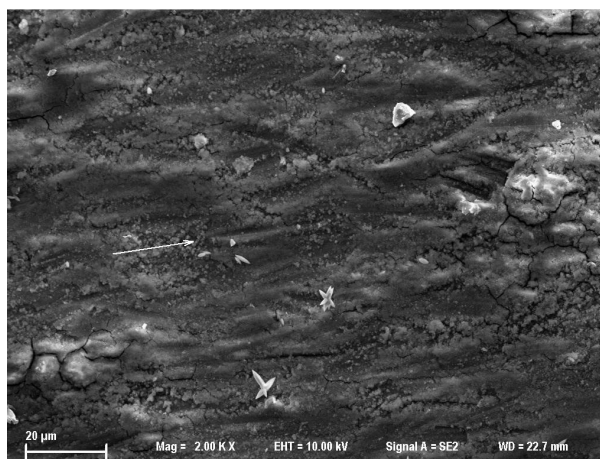


Figura 8: MEV na região de ângulo de aproximadamente 45° com ampliação de 2000x

Estes resultados serviram para orientar melhor as práticas de ensaios experimentais de desgaste erosivo no equipamento *Loop*, e para demonstrar a robustez das novas ferramentas computacionais que surgem na academia e no mercado.

REFERÊNCIAS

- Brown, G., **Erosion Prediction in Slurry Tee-Junction**, Second International Conference on CFD in Minerals and Process Industries, 1999;
- Chen X.H., McLaury B.S. and Shirazi S.A., **Numerical and experimental investigation of the relative erosion severity between plugged tees and elbows in dilute gas/solid two-phase flow**, Wear 261, pp. 7–8, 2006;
- Finnie, I., **Some reflections on the past and future of erosion**, Wear, pp. 186-187 1995;
- Fluent 12.1 Theory Guide – 2010;
- Fluent 12.1 User Guide – 2010;
- Foster, A., Thew, Martin, Harrison, D., **A numerical investigation of solid particle erosion experienced within oilfield control valves**, Wear 216, pp. 184-193, 1998;
- Silveira-Neto, A., **Turbulência nos fluidos aplicada**, 1.a Edição, 2002;
- Zum Gahr, K. H., **Microstructure and Wear of Materials**, Elsevier, 1987.