

# INFLUÊNCIA DA QUALIDADE SUPERFICIAL DO CONTRA-CORPO NO ENSAIO DE MICROABRASÃO COM ESFERA LIVRE EM COMPÓSITOS DE MATRIZ METÁLICA A BASE DE TUNGSTÊNIO <sup>1</sup>

André Menegaz Lozzer<sup>2</sup>  
Marcelo Camargo Severo de Macêdo<sup>3</sup>  
José Daniel Biasoli de Mello<sup>4</sup>  
Cherlio Scandian<sup>5</sup>

## Resumo

Este estudo visa analisar a influência da qualidade superficial do contra-corpo (esfera livre) no ensaio de microabrasão, num equipamento tipo calowear, em compósitos de matriz metálica a base de tungstênio empregados em coroas de perfuração. Sete tipos de matrizes para coroas sinterizadas por infiltração e sem diamantes foram ensaiados através de duas metodologias, uma submetendo o contra-corpo a um processo de limpeza manual com areia normal e outra sem qualquer tipo de limpeza. Foi medida a dureza Vickers das ligas com carga de 10 kgf. Os testes de microabrasão foram realizados com lama abrasiva de SiO<sub>2</sub> e água. O coeficiente de desgaste dimensional foi calculado no regime permanente pela metodologia clássica baseada num perfil esférico ideal. A rugosidade do contra-corpo foi levantada através de interferometria a laser.

**Palavras-chave:** Limpeza do contra-corpo; Microabrasão; Broca de perfuração.

## INFLUENCE OF THE COUNTER-BODY SURFACE QUALITY ON THE FREE BALL MICRO-ABRASION TEST OF TUNGSTEN BASED MATRIX COMPOSITES

### Abstract

This work aims to evaluate the influence of the counter-body surface quality on the ball free micro-abrasion test of W based matrix composites used on drilling tools. Tests were carried out with a ball which had been used for many previous tests and also with a ball which has been cleaned with sand. Seven different matrix compositions were tested. Vickers Hardness was measured with 10 kgf load. Micro-abrasion tests were performed with abrasive slurry (SiO<sub>2</sub> + water). Dimensional wear coefficients were calculated on the steady state and assuming a spherical geometry. Counter-body roughness was measured by laser interferometry.

**Key words:** Counter-body; Micro-abrasion; Impregnated diamond bits.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 62º Congresso Anual da ABM – Internacional, 23 a 27 de julho de 2007, Vitória – ES, Brasil.

<sup>2</sup> Mestrando no PPGEM, UFES – ES - membro da ABM, [andremenegaz@yahoo.com.br](mailto:andremenegaz@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Professor Dr. PPGEM/UFES – E S - membro da ABM, [mcamargo@npd.ufes.br](mailto:mcamargo@npd.ufes.br)

<sup>4</sup> Professor Dr. LTM-FEM-UFU – MG - membro da ABM, [ltm-demello@ufu.br](mailto:ltm-demello@ufu.br)

<sup>5</sup> Professor Dr. PPGEM/UFES – ES - membro da ABM, [cherlios@npd.ufes.br](mailto:cherlios@npd.ufes.br)

# 1 INTRODUÇÃO

O ensaio de microabrasão é uma técnica utilizada para produzir um desgaste abrasivo em escala micrométrica. Foi recentemente desenvolvida e vem sendo utilizada para avaliar a resistência ao desgaste, assim como estudar mecanismos de desgaste, tanto de materiais duros quanto de materiais mais macios.<sup>[1]</sup>

Neste método o desgaste é decorrente da variação da geometria da impressão formada, podendo ser aplicado em materiais revestidos e amostras com superfície cilíndrica.<sup>[2]</sup>

O desgaste é gerado pela rotação livre de uma esfera de raio R sobre um corpo de prova fixo, tendo como meio de contato entre elas uma lama contida de pequenas partículas abrasivas.<sup>[3]</sup>

Dessa forma, é possível determinar o volume de material desgastado a partir do raio da esfera e do diâmetro da calota desgastada<sup>[3, 4]</sup>. Do qual se deriva o “k”, que representa o coeficiente de desgaste dimensional, cuja unidade é dada em  $m^2.N^{-1}$ .<sup>[4]</sup>

A proposta deste trabalho é verificar a influência da limpeza manual do contra-corpo com areia normal e detergente nos resultados de coeficiente de desgaste dos compósitos de matriz metálicas a base de tungstênio e determinar um procedimento que forneça uma mesma qualidade superficial do contra-corpo para todos os ensaios. Visto que um importante aspecto das condições experimentais que influenciam os resultados dos testes é a superfície do contra-corpo.<sup>[5]</sup>

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras foram preparadas com lixas d’água com granulometria inicial de 180, dentre outras, até alcançar 600, e identificadas conforme Tabela 1.

**Tabela 1** – Nomenclatura e constituição dos materiais utilizados

Material	Constituição
4	W (tamanho médio de 3,5 $\mu m$ )
4-Cu	W (tamanho médio de 3,5 $\mu m$ ) + 60Cu-25Co-15Fe
4-Fe	W (tamanho médio de 3,5 $\mu m$ ) + 72Fe-25Co-3Cu
4-Mo	W (tamanho médio de 3,5 $\mu m$ ) + Mo
6-16	W (tamanho médio de 6 $\mu m$ ) + W (tamanho médio de 16 $\mu m$ )
6	W (tamanho médio de 6 $\mu m$ )
16	W (tamanho médio de 16 $\mu m$ )

Topografia superficial do contra-corpo via interferometria a laser, com resolução 1000x50 numa área de 4mm<sup>2</sup>, através de um perfilômetro a laser, marca UBM, modelo MICROFOCUS EXPERT IV, após limpeza inicial em areia normal, e depois dos ensaios de microabrasão, realizados sem qualquer processo intermediário de limpeza do contra-corpo.

A rugosidade da superfície do contra-corpo foi levantada através dos dados obtidos por interferometria a laser e processados com o software DIGITAL SURF MOUNTAIS MAP UNIVERSAL<sup>®</sup>, versão 3.1.9.

Foram realizados testes de microabrasão “sem limpeza do contra-corpo” e “limpando o contra corpo para cada matriz”. A limpeza foi realizada manualmente com bucha e uma mistura de sabão e areia normal.

Os ensaios de microabrasão foram realizados em um equipamento do tipo esfera livre, onde a mesma é movida por um eixo motor e desliza sobre o corpo de prova fixo num suporte inclinado que, através de uma célula de carga, mede continuamente a força normal sobre o contato durante todo o teste. A esfera é de aço inoxidável martensítico com um diâmetro de 30 mm e seu contato com o corpo de prova é feito em um meio abrasivo em fluxo contínuo. O equipamento também possui um misturador magnético para agitar continuamente a lama abrasiva sem possibilidades de contaminação e uma luneta de observação. O aspecto geral do equipamento é apresentado na Figura 1.

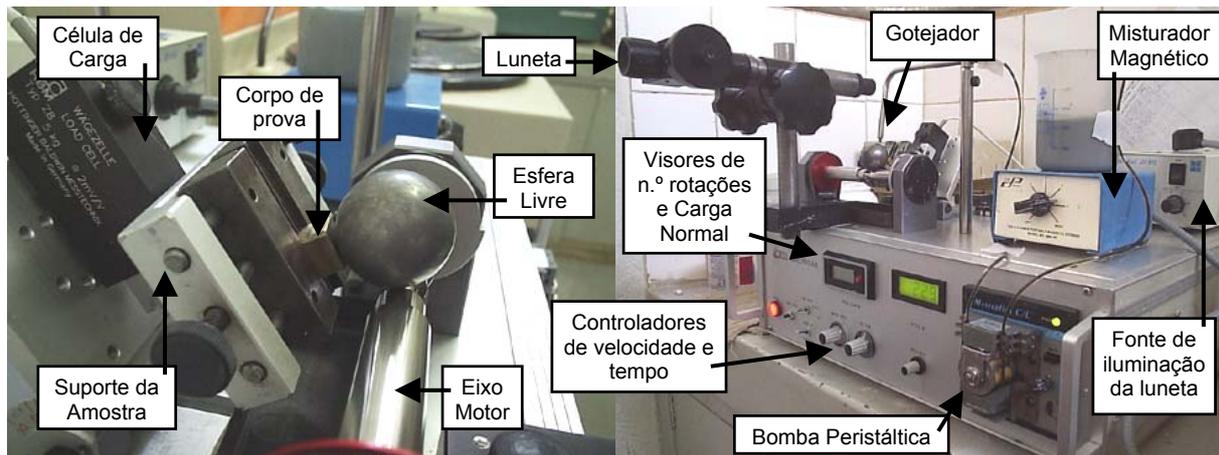


Figura 1 - Ilustração do equipamento de microabrasão (Calowear, LTM/UFU).

Os parâmetros adotados para a realização dos ensaios estão descritos na Tabela 2.

**Tabela 2** - Parâmetros do teste de microabrasão

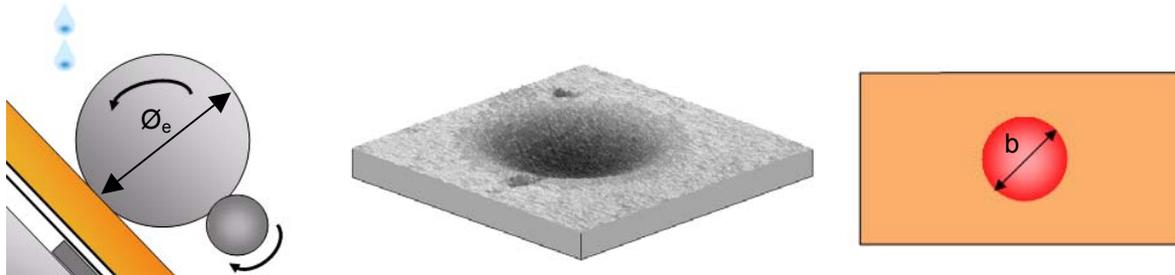
Rotação do eixo motor	150 a 180 [rpm]
Ângulo de inclinação do suporte	70 [°]
Força normal estática	0,22 ± 0,01 [N]
Abrasivo	SiO <sub>2</sub> com granulometria média < 5 µm
Concentração do abrasivo - [SiC]	0,1 [mg / cm <sup>3</sup> ]
Gotejamento do Abrasivo	1 gota a cada 3 segundos

No ensaio de microabrasão admite-se que a impressão da calota na amostra, ou seja, a região desgastada tenha o mesmo perfil geométrico do corpo responsável por sua impressão. Assim, é possível determinar o volume de material desgastado (V) a partir do diâmetro da esfera ( $\varnothing_e$ ) e do diâmetro da calota desgastada (b) através da expressão 1.<sup>[3,4]</sup>

$$V \approx \frac{\pi \cdot b^4}{32 \cdot \varnothing_e}, \text{ para } b \ll \varnothing_e$$

Expressão 1

Na Figura 2, são mostrados, a título de ilustração, o esquema do dispositivo de teste empregado, uma imagem gerada por interferometria a laser da calota sobre a amostra e o diâmetro da mesma.



**Figura 2** – Esquema de impressão, imagem e dimensão da calota desgastada.

Este modelo simples de desgaste abrasivo equivale à equação de Archard para desgaste por deslizamento.<sup>[3]</sup>

$$Q = \frac{V}{S} = \frac{K \cdot N}{H} \quad \text{Expressão 2}$$

A partir de 2, considera-se a relação  $\frac{K}{H}$  igual a  $k$ , levando, assim:

$$k = \frac{V}{S \cdot N} \quad \text{Expressão 3}$$

Onde  $k$  representa o coeficiente de desgaste dimensional, cuja unidade é dada em  $\text{m}^3 \cdot (\text{N} \cdot \text{m})^{-1}$ ,<sup>[4]</sup>  $V$  é o volume de material desgastado,  $S$  é a distância deslizada e  $N$  a força normal sobre o contato.

Deste modo, unindo as expressões 1 e 3, temos uma expressão para o coeficiente de desgaste dimensional ( $k$ ) em função do diâmetro da calota desgastada ( $b$ ), do diâmetro da esfera livre ( $\varnothing_e$ ) e das variáveis de ensaio: distância deslizada ( $S$ ) e força normal sobre o contato ( $N$ ), que é ilustrada na expressão 4.

$$k \approx \frac{\pi \cdot b^4}{32 \cdot \varnothing_e \cdot S \cdot N}, \text{ para } b \ll \varnothing_e \quad \text{Expressão 4}$$

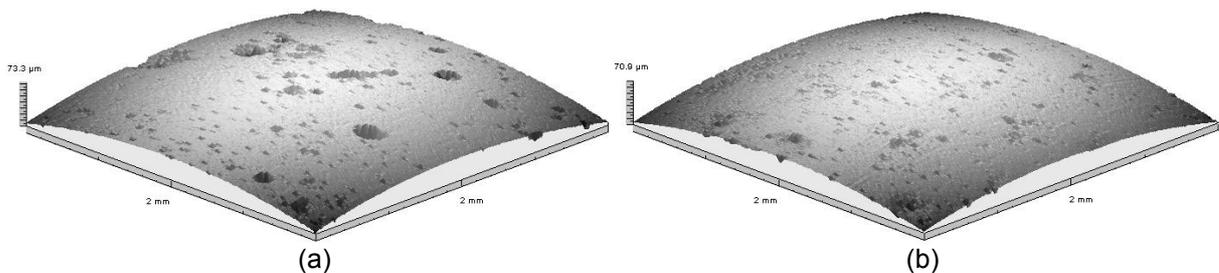
Para cada uma das sete matrizes, chegou-se a um valor para o coeficiente de desgaste dimensional a partir dos valores dos três últimos pontos de cada ensaio contidos no regime permanente, resultando, assim, 9 valores por matriz, utilizados para os cálculos da média e do desvio padrão. O regime permanente foi considerado o ponto a partir do qual todas as amostras apresentaram variação inferior a 7% para o coeficiente de desgaste ao longo do tempo.

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi realizada num equipamento marca LEICA-OXFORD, modelo S440i, da Cia Siderúrgica de Tubarão (CST).

Os ensaios de dureza foram realizados em durômetro Vickers (WPM) com carga de 10 kgf, por 30 s, em vários pontos da superfície das amostras que representasse a dureza da coroa.

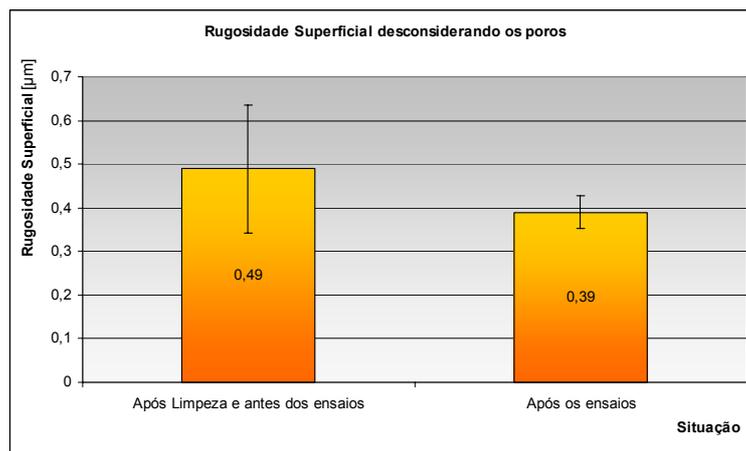
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

É importante ressaltar que tanto a situação “após a limpeza” e “após os ensaios” o contra-corpo apresentava diversos poros que foram desconsiderados na medição de rugosidades superficial. A Figura 3 ilustra a topografia superficial do contra-corpo em duas situações.



**Figura 3** – Topografia superficial dois pontos do contra-corpo, “Após limpeza e antes dos ensaios” (a), e “Após os ensaios” (b).

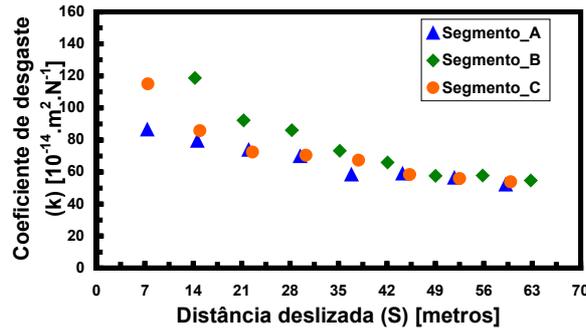
Os valores obtidos são melhores representados na Figura 4.



**Figura 4** – Representação gráfica e valores de rugosidade superficial para as duas situações do contra-corpo, “Após limpeza e antes dos ensaios”, e “Após os ensaios”.

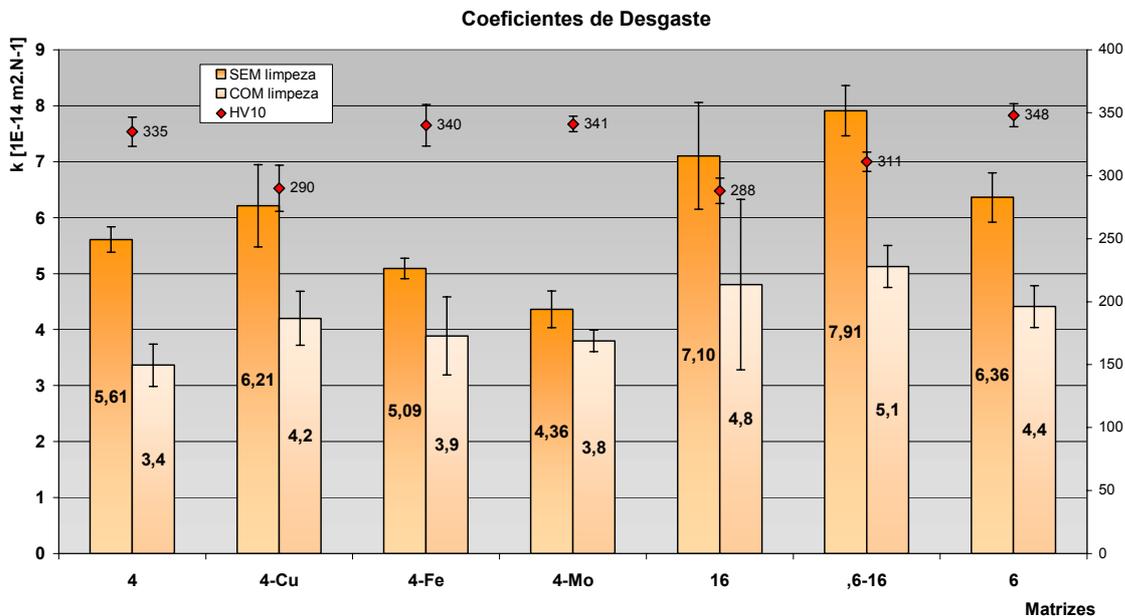
No sistema tribológico em questão, a rugosidade superficial do contra-corpo é estatisticamente igual, levando em consideração que foi levantada topografia de três pontos distintos e de cada topografia levantado três valores de rugosidade, alterando levemente quantidades de poros desconsiderados.

A Figura 5 ilustra o comportamento da amostra de material de granulometria média 3,5 μm quanto ao regime permanente. Pode-se observar que a partir da distância percorrida de 45 metros, para esta matriz, o sistema tribológico atingiu tal regime.



**Figura 5** – Variação do coeficiente de desgaste dimensional ao longo da distância deslizada para a amostra de matriz “4”.

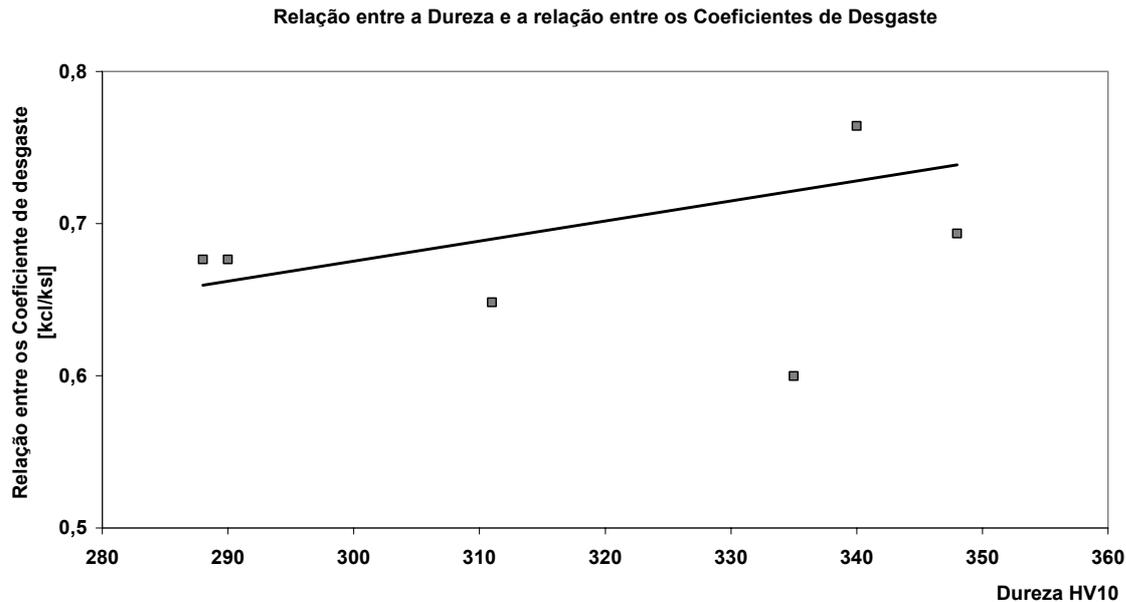
Com relação aos resultados de coeficiente de desgaste, os valores foram menores para a situação “contra-corpo limpo”. Os valores de coeficiente de desgaste para a situação “limpando o contra-corpo para cada matriz” e “sem limpeza do contra-corpo” é mostrada na Figura 6.



**Figura 6** – Dureza e coeficientes de desgaste para a situação “SEM limpeza” e “COM limpeza” das matrizes.

Apesar dos valores médios de coeficientes de desgaste seguirem uma mesma tendência para as duas situações, para “contra-corpo com limpeza” não é possível realizar uma classificação qualitativa das matrizes analisadas, visto que em quase todas elas seus desvios (análise estatística) se interceptam.

Avaliando a redução do coeficiente de desgaste dimensional, que aconteceu para todas as matrizes, ficou claro que a limpeza do contra-corpo influencia mais significativamente as matrizes mais macias. Quando comparada a dureza das matrizes com a relação entre os Coeficientes de Desgaste com limpeza do contra-corpo ( $k_{cl}$ ) e sem limpeza ( $k_{sl}$ ) é evidente na Figura 7 que para uma matriz mais macia a relação  $k_{cl}/k_{sl}$  é menor, ou seja, teve uma redução maior coeficiente de desgaste.



**Figura 7** – Comparação entre a Relação entre os Coeficientes de Desgaste com limpeza ( $k_{cl}$ ) e sem limpeza ( $k_{sl}$ ) e dureza das matrizes.

#### 4 CONCLUSÕES

As conclusões deste trabalho são basicamente três:

O processo de limpeza do contra-corpo não diminuiu a rugosidade de sua superfície a ponto de ser inferior a obtida na situação “sem limpeza”. Apesar do contra-corpo ter atingido valores maiores para a situação “sem limpeza”, no geral, sua rugosidade superficial é estatisticamente a situação “com limpeza”.

Para uma classificação qualitativa das matrizes analisadas a situação “com limpeza” não é muito interessante, visto que os valores médios de coeficientes de desgastes são bem próximos e seus respectivos desvios se interceptam.

A influência da limpeza do contra-corpo com areia normal é maior para as matrizes que possuem menor dureza.

#### REFERÊNCIAS

- 1 Rutherford, K. L., Hutchings, I. M.; **Theory and Application of a Micro-Scale Abrasive Wear Test**; Journal of Testing and Evaluation, JTEVA, 25(2), March 1997, p. 250-260.
- 2 Rutherford, K. L., Hutchings, I. M.; **A micro-abrasive wear test, with particular application to coated systems**; Surface Coating Technology; march 1995
- 3 Rutherford, K. L., Hutchings, I. M., **Theory and application of a micro-scale abrasive wear test**, J. Testing Eval., JTEVA 25 (1997), p. 250–260
- 4 Trezona, R. I., Allsopp, D. N., Hutchings, I. M.; **Transitions Between Two-Body and Three-Body Abrasive Wear: Influence of Test Conditions in the Microscale Abrasive Wear Test**; Wear p. 225-229 (1999), p. 205-214.
- 5 Allsopp, D. N., Trezona, R. I., Hutchings, I. M.; **The effects of ball surface condition in the micro-scale abrasive test**; Tribology Letters 5 (1998), p. 259–264.