

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Câmpus Itapetininga

O USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA NA ANÁLISE DE PARÂMETROS TOPOGRÁFICOS EM IMAGENS DE MICROSCOPIA DE FORÇA ATÔMICA

Lucas Henrique Contel¹

Evelyn G. V. Espedilla²

Flaviana B. Andrade³

Allan Victor Ribeiro⁴

Introdução

A microscopia de força atômica (MFA) é uma técnica amplamente utilizada na caracterização de superfícies em escala nanométrica. Por meio da varredura de uma ponta extremamente sensível sobre a amostra (Eaton, 2010), MFA gera imagens topográficas da amostra e vem, nas últimas duas décadas, revolucionando a ciência de superfícies.

A interpretação dos dados coletados, no entanto, pode ser complexa e exige o uso de ferramentas especializadas para extração de parâmetros quantitativos relevantes, e necessários para área da pesquisa, visto que a estatística nos ajuda a entender diferentes distribuições de dados e quais estatísticas são apropriadas para resumir cada uma delas e nos ajuda também a entender como usar dados para testar hipóteses e estimar a incerteza das conclusões (Foster, 2013).

Levando em consideração pesquisas recentes e o avanço contínuo das tecnologias de inteligência artificial (IA), novas abordagens vêm sendo exploradas com o objetivo de automatizar e otimizar a análise de dados. Essas ferramentas permitem ao pesquisador usar seu tempo e esforço em etapas estratégicas e interpretativas do processo científico.

A IA tem grande potencial para acelerar a descoberta científica, levando a novos avanços científicos e ganhos significativos de produtividade, além de melhorar a eficácia e o ritmo dos processos de pesquisa e verificação (European Commission, 2024).

Apesar de suas limitações atuais, o GPT promete se tornar um ator-chave nesse cenário e tem o potencial de ampliar as ferramentas estatísticas tradicionais, fornecendo aos pesquisadores e profissionais capacidades analíticas sem precedentes (Evkava, 2024).

Com base nisso, o presente trabalho tem o enfoque nos modelos de linguagem baseados em IA generativa, ChatGPT e o DeepSeek, os quais têm demonstrado capacidades promissoras na compreensão, interpretação e até mesmo na realização de análises a partir de dados complexos.

Foram utilizados ChatGPT e DeepSeek na análise estatística de parâmetros topográficos extraídos de imagens de AFM, avaliando a eficácia e aplicabilidade dessas ferramentas em comparação com métodos tradicionais e softwares especializados, foi utilizado Prism como base para tal comparação. A proposta busca demonstrar a viabilidade do uso de IA em

¹Instituto Federal de São Paulo - IFSP Campus Birigui. Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-9328-9120>

²Departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Odontológicos, Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8431-0038>

³Departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Odontológicos, Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1238-2160>

⁴Instituto Federal de São Paulo - IFSP Campus Birigui. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3000-6118>

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Campus Itapetininga

contextos científicos, verificando a precisão dos dados estatísticos gerados em cima de parâmetros topográficos.

Metodologia

A topografia das superfícies de diferentes amostras de Gutta Percha foi analisada por microscopia de força atômica (AFM) com o sistema FlexAFM – NanoSurf, operando em modo de não contato (Dynamic Force) e com técnica de Contraste de Fase. As imagens foram tratadas e analisadas no software Gwyddion v2.63, com extração de seis parâmetros topográficos (Sq, Sa, Sz, Sdr, Ssk, Sku) de dois grupos experimentais (DT e CT), totalizando 12 amostras por grupo. Os dados foram exportados em formato .xls e importados no Prism 6.01 (GraphPad, inc) para análise estatística e visualização gráfica, incluindo análises descritivas, testes comparativos e de significância. Além disso, os mesmos dados foram submetidos a dois modelos de IA generativa (ChatGPT Plus – GPT-4 com Data Analyst, e DeepSeek-V3), utilizando *prompts* semelhantes e contas sem histórico ou memória ativada, visando imparcialidade. Os dados foram validados com *prompts* de verificação, e os testes estatísticos solicitados às IAs foram comparados com os resultados obtidos no Prism como referência, devido a sua alta confiabilidade.

Resultados

Para cada um dos parâmetros topográficos analisados, foi construído um gráfico comparativo, permitindo a visualização direta das variações entre os métodos.

Os parâmetros topográficos de superfície analisados são representados pela letra “S” e incluem Sa, Sq, Sz, Ssk, Sku e Sdr, sendo obtidos por meio da análise das imagens de MFA. O parâmetro Sa representa a rugosidade média, enquanto Sq corresponde à rugosidade média quadrática. Sz indica a altura máxima da superfície, Ssk descreve o grau de simetria das alturas em relação ao plano médio (assimetria), Sku expressa a nitidez do perfil de rugosidade (curtose). Por fim, Sdr (*developed area ratio*) representa a proporção entre a área real da superfície e sua projeção bidimensional. A compreensão desses parâmetros é essencial para interpretar as características topográficas da superfície e embasar análises comparativas subsequentes.

O Gráfico 1 ilustra os resultados referentes ao parâmetro de rugosidade RMS (Sq), evidenciando as discrepâncias e convergências entre os valores gerados pelas IAs e os dados estatísticos convencionais como Prism.

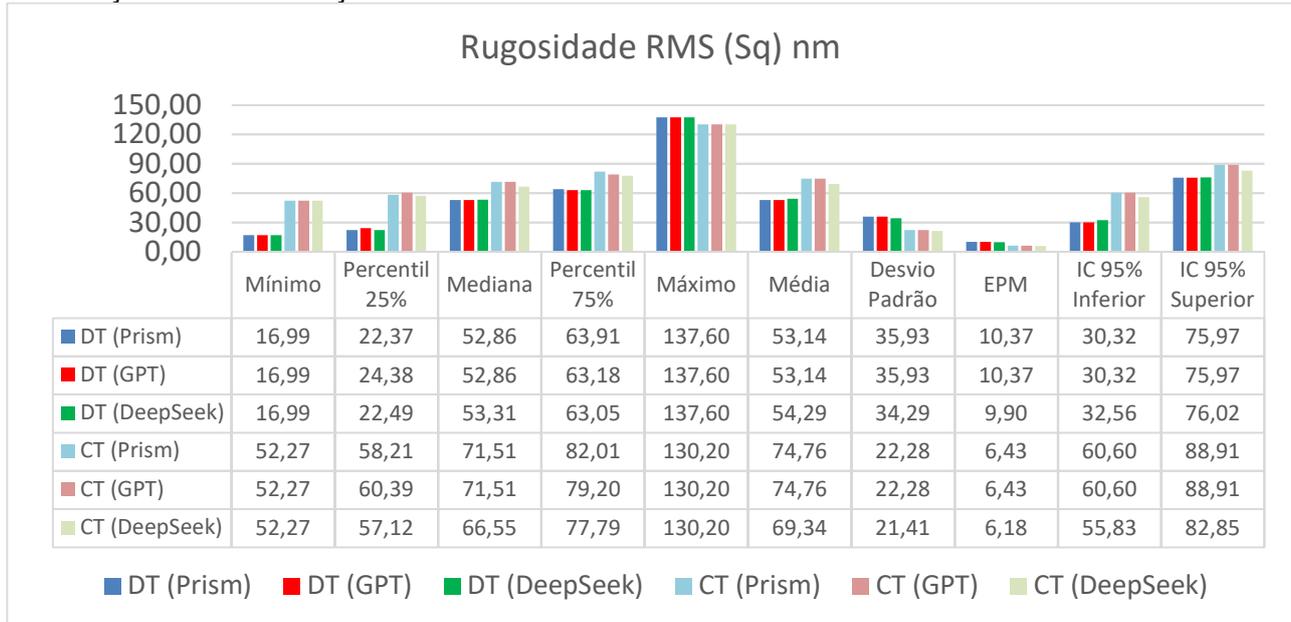
XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Campus Itapetininga

Gráfico 1: Gráfico demonstrando a diferença entre os dados gerados pelo software Prism, ChatGPT e DeepSeek para o parâmetro de Rugosidade RMS (Sq). Foram utilizadas as medidas: mínimo, percentis, mediana, máximo, média, desvio padrão, erro padrão da média (EPM), IC inferior e superior, permitindo uma visualização clara das variações entre os softwares.



De forma geral, ambos os modelos de inteligência artificial generativa demonstraram boa precisão na coleta, processamento e geração de estatísticas descritivas. Com ChatGPT fornecendo resultados próximos ao Prism na maioria dos casos analisados e o DeepSeek, embora tenha variações, manteve-se dentro de valores considerados coerentes com os esperados. Sendo esta tendência mantida para os demais parâmetros topográficos analisados, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Análise descritiva do grupo DT e os valores gerados de cada grupo pelo software Prism, pelo ChatGPT e pelo DeepSeek, respectivamente. Foram utilizadas as medidas: mínimo, percentis, mediana, máximo, média, desvio padrão, IC inferior e superior para tal análise.

	Origem	Mínimo	Percentil 25%	Mediana	Percentil 75%	Máximo	Média	Desvio Padrão	IC 95% Inferior	IC 95% Superior
Sq (nm)	Prism	16.99	22.37	52.86	63.91	137.60	53.14	35.93	30.32	75.97
	ChatGPT	16.99	24.38	52.86	63.18	137.60	53.14	35.93	30.32	75.97
	DeepSeek	16.99	22.49	53.31	63.05	137.60	54.29	34.29	32.56	76.02
Sa (nm)	Prism	12.82	16.43	37.03	48.28	101.90	39.37	27.83	21.69	57.05
	ChatGPT	12.82	16.58	37.03	46.93	101.90	39.37	27.83	21.69	57.05
	DeepSeek	12.82	16.51	37.04	47.11	101.90	40.34	27.52	22.99	57.69
Sz (nm)	Prism	521.50	611.60	762.10	1309.00	1702.00	938.70	428.80	666.30	1211.00
	ChatGPT	191.90	278.70	453.35	569.40	857.50	446.60	201.84	318.36	574.84
	DeepSeek	191.90	277.30	453.50	569.80	857.50	460.50	203.20	330.20	590.80
Sdr (nm)	Prism	1.01	1.02	1.07	1.12	1.13	1.07	0.05	1.04	1.10
	ChatGPT	1.01	1.03	1.07	1.12	1.13	1.07	0.05	1.04	1.10
	DeepSeek	1.01	1.02	1.07	1.12	1.13	1.07	0.05	1.04	1.10

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

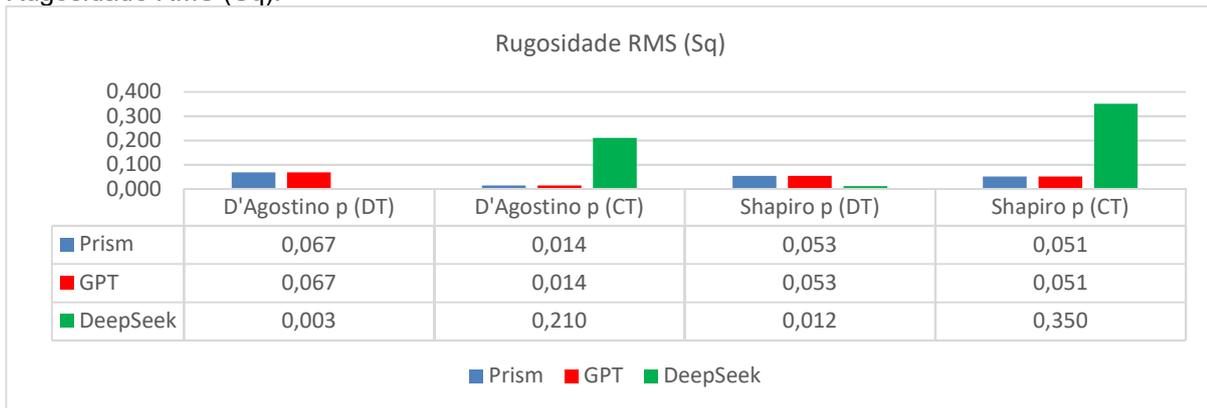
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Campus Itapetininga

Ssk (nm)	Prism	-0.91	-0.39	0.32	0.84	2.69	0.41	1.02	-0.24	1.06
	ChatGPT	-0.91	-0.17	0.32	0.75	2.69	0.41	1.02	-0.23	1.06
	DeepSeek	-0.91	-0.49	0.32	0.70	2.69	0.34	1.02	-0.30	0.98
Sku (nm)	Prism	-0.13	1.27	2.19	6.05	15.49	3.91	4.25	1.21	6.61
	ChatGPT	-0.13	1.32	2.19	5.97	15.49	3.91	4.25	1.21	6.61
	DeepSeek	-0.13	1.25	2.04	5.93	15.49	3.80	4.18	1.12	6.48

Para análises de normalidade, foi possível constatar uma diferença significativa entre o software Prism e os resultados gerados pela IA generativa DeepSeek para ambos os testes de D'Agostino e de Shapiro, essa diferença se manteve em todos os parâmetros topográficos analisados, conforma o gráfico 2.

Gráfico 2: Diferenças dos resultados gerados pelo software Prism, ChatGPT e DeepSeek na análise de Rugosidade RMS (Sq).



É possível perceber que os resultados gerados pelo chat GPT foram em geral bem consistentes e compatíveis com os resultados obtidos pelo software Prism, algo que se repetiu em outros parâmetros topográficos, tendo uma maior variação com os resultados dados para o parâmetro de altura máxima (Sz) e Índice de Área Desenvolvida (Sdr), conforme os resultados mostrados na Tabela 2.

Tabela 2: Tabela com os resultados gerados de Teste de normalidade de Shapiro e D'Agostino.

	Software	D'Agostino p (DT)	D'Agostino p (CT)	Shapiro p (DT)	Shapiro p (CT)
Sq	Prism	0.0674	0.0143	0.0534	0.0506
	ChatGPT	0.0674	0.0143	0.0534	0.0506
	DeepSeek	0.0030	0.2100	0.0120	0.3500
Sa	Prism	0.1154	0.0015	0.0385	0.0099
	ChatGPT	0.1154	0.0015	0.0385	0.0099
	DeepSeek	0.0010	0.1800	0.0080	0.4200
Sz	Prism	0.2791	0.5905	0.0237	0.7620
	ChatGPT	0.6012	0.5419	0.4399	0.6110
	DeepSeek	0.0020	0.3200	0.0100	0.5100
Sdr	Prism	0.0762	0.6219	0.0625	0.3210
	ChatGPT	0.0534	0.5648	0.0468	0.4981
	DeepSeek	0.0001	0.1500	0.0050	0.2900

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Câmpus Itapetininga

Ssk	Prism	0.1942	0.1033	0.4526	0.2203
	ChatGPT	0.1959	0.0944	0.4577	0.2067
	DeepSeek	0.0001	0.0800	0.0001	0.2000
Sku	Prism	0.0005	0.0272	0.0048	0.0174
	ChatGPT	0.0005	0.0269	0.0048	0.0174
	DeepSeek	0.0001	0.0020	0.0001	0.0100

Conclusão

Os resultados demonstraram que, para análises estatísticas descritivas as ferramentas baseadas em inteligência artificial generativa apresentaram desempenho satisfatório, com resultados próximos aos obtidos pelo software Prism.

Por outro lado, nas análises de normalidade, nos testes de Shapiro-Wilk e D'Agostino, o desempenho variou entre as ferramentas. Os resultados obtidos pelo ChatGPT foram em sua maioria compatíveis com o Prism, enquanto o DeepSeek apresentou desvios significativos, com resultados fora dos padrões esperados para todos os grupos de parâmetros topográficos.

Esses achados indicam que, embora as IA generativas possam ser utilizadas com segurança em análises descritivas, ainda apresentam limitações em testes inferenciais mais sensíveis, como os de normalidade, especialmente no caso do DeepSeek na versão utilizada. O ChatGPT, por sua vez, mostrou-se uma alternativa promissora para análises preliminares em contextos estatísticos mais estruturados.

Referências

- DEEPSEEK. DeepSeek LLM: modelo de linguagem para suporte à análise de dados. 2025. Disponível em: <https://deepseek.com>. Acesso em: 20 abr. 2025.
- EATON, P.; WEST, P. Atomic Force Microscopy. Oxford: Oxford University, 2010.
- EUROPEAN COMMISSION. Living guidelines on the responsible use of generative AI in research: ERA Forum stakeholders' document. Brussels: Directorate-General for Research and Innovation, 2025. Disponível em: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/document/download/2b6cf7e5-36ac-41cb-aab5-0d32050143dc_en?filename=ec_rtd_ai-guidelines.pdf. Acesso em: 22 abr. 2025.
- EVKAYA, O.; DE CARVALHO, M. Decoding AI: The inside story of data analysis in ChatGPT. arXiv [cs.LG], 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2404.08480>. Acesso em: 21 abr. 2025.
- FOSTER, P.; FAWCETT, T. Data science for business: What you need to know about data mining and data-analytic thinking. Sebastopol: O'Reilly Media, 2013.
- MOODLEY, K. Artificial intelligence (AI) or augmented intelligence? How big data and AI are transforming healthcare: Challenges and opportunities. South African Medical Journal, v. 114, n. 1, p. 22–26, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.7196/SAMJ.2024.v114i1.1631>. Acesso em: 18 abr. 2025.
- OPENAI. ChatGPT Plus (versão GPT-4): modelo de linguagem para análise de dados. 2025. Disponível em: <https://openai.com/chatgpt>. Acesso em: 19 abr. 2025.