

Avaliação da rugosidade Rz de revestimentos cerâmicos com diferentes acabamentos

Aline Bartosiak Rodrigues Peruchi^{a*} , Laura Savi Rosso^a , Maria Laura Mezzari Mariot^a,
Natália da Coreggio Redivo^a, Aline Ribeiro^a , Hilária Mendes de Souza^a , Juliana de Oliveira Menegon^a ,
Aline Demarch^a , Angela Waterkemper^a

^aMohawk Brasil, Rua Maximiliano Gaidzinski 245, Cocal do Sul, Santa Catarina, Brasil

*e-mail: alinebartosiak@hotmail.com

Resumo

O setor de revestimentos cerâmicos tem evoluído significativamente, tanto esteticamente quanto tecnicamente, especialmente no uso em pisos, onde é crucial garantir o alto desempenho do produto. Uma das características importantes é a resistência ao escorregamento, que é influenciada pela rugosidade da superfície. Este estudo avaliou a rugosidade Rz de revestimentos cerâmicos de diferentes acabamentos (acetinado, mate, polido, natural e EXT) e sua relação com a resistência ao escorregamento. A pesquisa foi baseada no Guia de Resistência ao Escorregamento do Reino Unido, que utiliza a rugosidade Rz como parâmetro para classificar o potencial de escorregamento. Os resultados indicaram que os revestimentos acetinados apresentaram a maioria dos valores de rugosidade abaixo de 10 µm, o que sugere alto risco de escorregamento, tornando-os inadequados para ambientes molhados, bem como o acabamento polido, cujos valores ficaram todos abaixo de 5 µm. Os revestimentos mate e natural, com valores de Rz entre 10 e 20 µm, mostraram risco moderado. O acabamento EXT (resistente ao escorregamento), apresentou os melhores resultados para reduzir o risco de escorregamento, com Rz superior a 20 µm, sendo ideal para áreas externas e espaços sujeitos a líquidos. Diante disto, este estudo destacou a importância da rugosidade Rz na escolha de revestimentos cerâmicos, especialmente para resistência ao escorregamento. A análise dos acabamentos ajudou a entender como aplicá-los de forma segura e funcional, prevenindo acidentes, especialmente em ambientes úmidos.

Palavras chave: Rugosidade Rz, revestimento cerâmico, potencial de escorregamento.

1. INTRODUÇÃO:

O setor de revestimentos cerâmicos tem avançado significativamente em tecnologia, tanto no aspecto estético quanto em técnicas de produção, aumentando seu desempenho técnico [1]. O revestimento cerâmico deixou de ser apenas um item de decoração e acabamento [2]. Quando utilizados em revestimento de pisos, os revestimentos cerâmicos enfrentam uma situação mais crítica, demandando alto desempenho do produto e garantias do fabricante em relação a diversas características técnicas [1].

Uma dessas características, especialmente no caso de revestimentos para pisos, é a resistência ao escorregamento. No entanto, a norma NBR ISO 13006 (2020) atualmente não contempla nenhum método de teste ou classificação para essa propriedade [1].

De acordo com a ABNT NBR 16919:2020 “O escorregamento pode ser definido como sendo um decréscimo intenso no valor do coeficiente de atrito entre o corpo em movimento e a superfície de apoio” e superfícies com maior rugosidade, por serem mais ásperas, podem apresentar maior resistência ao escorregamento [3]. Já as texturas lisas, de baixa rugosidade, possuem o coeficiente de atrito superficial reduzido devido a menor área de contato entre a superfície do revestimento cerâmico e a sola dos calçados [4]. Uma ilustração da sola de um sapato quando entra em contato com uma superfície rugosa é mostrada na Fig.1.

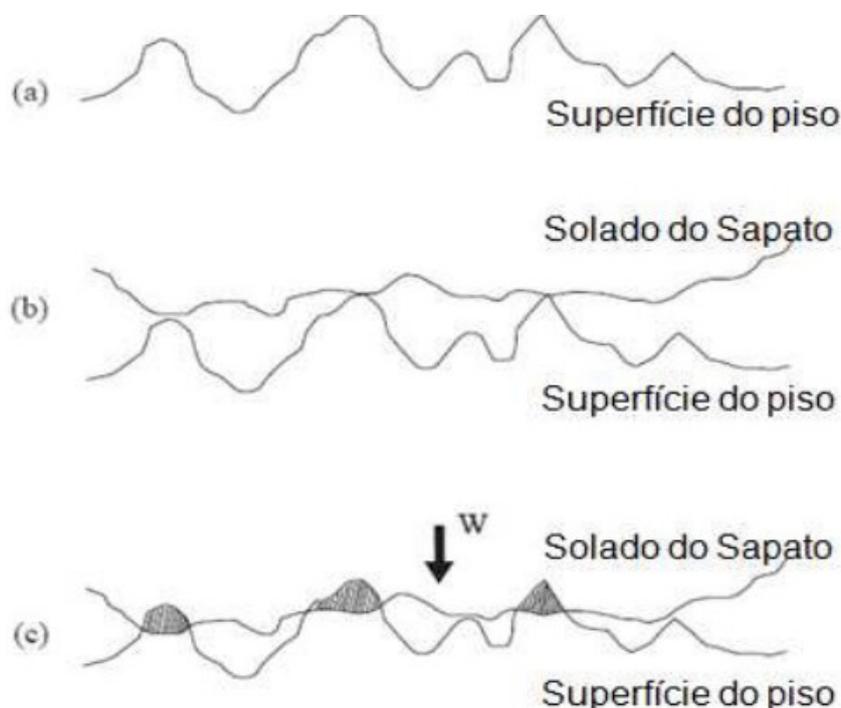


Figura 1. Esquema da interação entre a sola e a superfície do piso durante o contato [5]

Todas as superfícies possuem rugosidade, que é caracterizada por picos e vales com várias alturas, profundidades e distâncias [6], conforme ilustrado na Fig.1(a). Quando duas superfícies entram em contato, como a sola de um sapato e o piso, elas não se tocam completamente, como observado na Fig.1(b), o contato ocorre apenas em pequenos pontos onde as irregularidades de ambas as superfícies se encontram, Fig.1(c) [5].

Em revestimentos cerâmicos, as propriedades das superfícies estão se tornando cada vez mais importantes, e uma dessas propriedades é a rugosidade da superfície [7]. As medições de rugosidade podem ser úteis para identificar de forma rápida áreas com possíveis diferenças na resistência ao deslizamento em condições úmidas, e ela varia de acordo com o tipo de acabamento. Por exemplo, cerâmicas com granilha apresentam mais irregularidades superficiais, tornando-se mais rugosas e conseqüentemente mais resistentes ao escorregamento, enquanto cerâmicas com acabamento polido exibem superfícies mais lisas [5].

Existem alguns parâmetros que podem ser utilizados para descrever a rugosidade das superfícies:

Rugosidade média (R_a): conhecida como valor de rugosidade média aritmética e é um dos parâmetros de rugosidade de linha mais utilizados [6]; Rugosidade média (R_z): corresponde à média dos cinco maiores picos e cinco maiores vales, ao longo do comprimento de medição [8]; R_p : é a distância entre o pico mais alto em relação à linha média [5]; R_v : é a distância entre o vale mais baixo em relação à linha média [5]; e R_t : é a soma da distância do pico mais alto em relação à linha média e a distância da base mais baixa em relação à linha média, dentro do comprimento de avaliação [5]. A Tab.1 apresenta a classificação definida pelo Guia de Resistência ao Escorregamento do Reino Unido, que utiliza o parâmetro R_z , em μm , como referência.

Tabela 1. Potencial de escorregamento de acordo com a rugosidade Rz [5]

Potencial de Escorregamento	Rugosidade Rz (µm)
Alto	Menos que 10
Moderado	Entre 10 e 20
Baixo	Maior que 20

Diante deste cenário, este estudo tem como objetivo avaliar a rugosidade Rz dos revestimentos cerâmicos de diferentes acabamentos: acetinado, polido, mate, natural e resistente ao escorregamento, denominado EXT, e comparar com o potencial de escorregamento definido pelo Guia de Resistência ao Escorregamento do Reino Unido, descrito na Tab.1.

O ensaio de rugosidade foi realizado utilizando um rugosímetro de perfilômetro de contato mecânico, que possui uma agulha apalpadora capaz de percorrer a superfície analisada. O movimento da agulha é convertido em impulsos elétricos, permitindo o registro do parâmetro desejado no display do equipamento [9]. O procedimento foi conduzido com base na norma ABNT NBR ISO 4288:2008, especificações geométricas do produto (GPS), rugosidade: método do perfil, regras e procedimentos para avaliação de rugosidade, que estabelece diretrizes para a comparação dos valores medidos com os limites de tolerância especificados para os parâmetros de rugosidade da superfície [10].

2. MATERIAIS E MÉTODOS:

O trabalho é dividido em três etapas principais, conforme o fluxograma mostrado na Fig.2, que ilustra as atividades desenvolvidas.

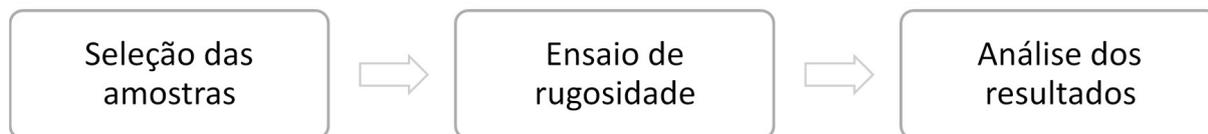


Figura 2. Fluxograma das etapas do desenvolvimento do trabalho

2.1. Seleção das amostras:

Foram coletados da produção porcelanatos esmaltados e não esmaltados ao longo de um período de 11 meses, de novembro até outubro do ano seguinte, abrangendo diferentes tipos de acabamento: acetinado, resistente ao escorregamento (EXT), mate, polido e natural. As peças foram utilizadas em sua forma original, sem qualquer tipo de corte.

2.2. Ensaio de rugosidade:

O ensaio de rugosidade foi realizado com o rugosímetro Mitutoyo SJ 210, sendo ele calibrado com a placa padrão. O número de medições realizadas em cada peça foi determinado conforme a área superficial, como mostra a Tab.2.

Tabela 2. Número de medições de rugosidade

Área (cm ²)	Número de medições
≤ 56,25	3
> 56,25 e ≤ 3600	4
> 3600 e ≤ 6400	6
> 6400 e ≤ 8100	9
> 8100 e ≤ 8354	12
> 8354	16

A superfície cerâmica foi limpa para evitar danos à ponteira, que foi devidamente nivelada antes do início da medição e os valores de Rz obtidos foram registrados em planilha para posterior plotagem dos gráficos.

2.3. Análise dos resultados:

A média dos valores de Rz obtidos para cada peça ensaiada foi calculada para análise dos dados. Os resultados estão apresentados nos gráficos a seguir, que foram organizados em três quadrantes, de acordo com a classificação estabelecida na Tab.1: Vermelho: representa área na qual o valor de Rz é menor que 10 µm; Azul: indica os valores de Rz entre 10 µm e 20 µm; Verde: corresponde a valores de Rz maiores que 20 µm.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A Fig.3 mostra a variação dos valores de Rz nas peças produzidas ao longo do tempo.

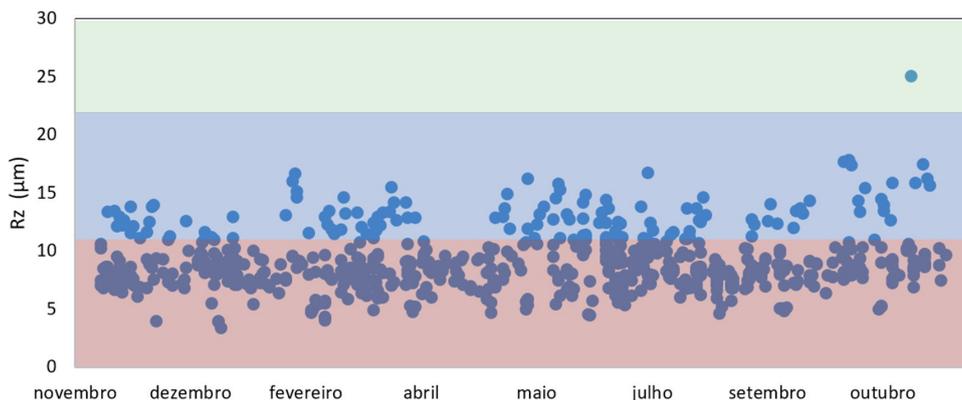


Figura 3. Gráfico de variação de Rz para produtos acetinados

A maioria dos valores de Rz ficou entre 5 e 10 µm, com 71,6% abaixo de 10 µm, 28,2% entre 10 e 20 µm e apenas 0,16% acima de 20 µm. Esses resultados são coerentes para produtos acetinados, que possuem uma textura mais suave e com menor rugosidade. O único produto com Rz superior a 20 µm apresenta uma textura mais rugosa, o que justifica o valor elevado.

A Fig.4 apresenta os valores de Rz dos produtos com acabamento mate. Por se tratar de um acabamento mais rugoso, os valores de Rz são superiores aos do acabamento acetinado. Observa-se que 79,5% dos resultados estão entre 10 e 20 µm, 12,3% apresentam Rz abaixo de 10 µm e 8,3% estão acima de 20 µm.

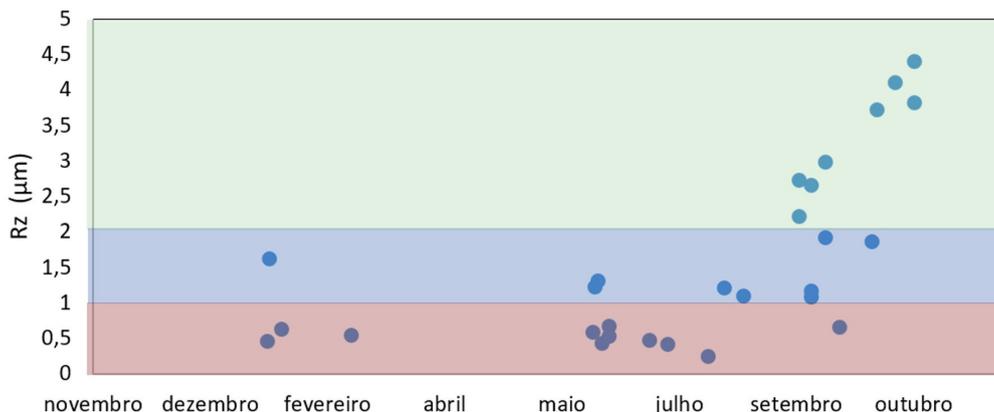


Figura 4. Gráfico de variação de Rz para produtos mate

A Fig.5 apresenta o gráfico de rugosidade para produtos com acabamento polido. Percebe-se que este acabamento possui a quantidade de ensaios reduzida quando comparada com acetinado, tendo apenas 28 ensaios de rugosidade realizados em ao longo de 11 meses.

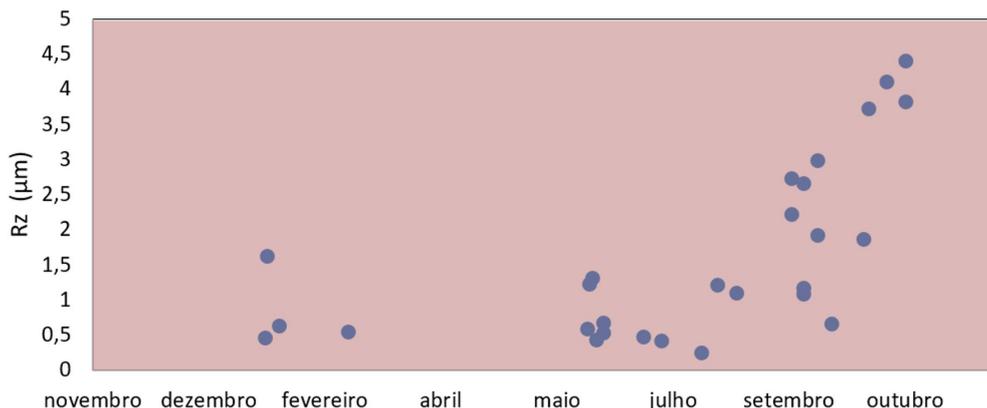


Figura 5. Gráfico de variação de Rz para produtos polidos

Todos os resultados de Rz ficaram abaixo de 5 µm, o que é justificado por ser um acabamento polido, já que para chegar nesse acabamento é necessário realizar um processo de polimento, retirando qualquer rugosidade que possa estar presente na superfície do revestimento cerâmico.

Os resultados de Rz para o acabamento 'natural' estão apresentados na Fig.6.

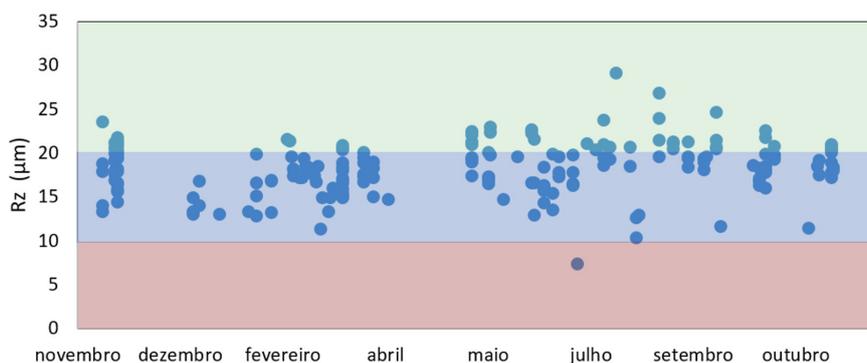


Figura 6. Gráfico de variação de Rz para produto 'natural'

Para este acabamento, 0,51% ficou com resultado abaixo de 10 µm, 72,2% entre 10 e 20 µm e o restante (27,3%) acima de 20 µm. Por ser um acabamento 'natural', ou seja, que não passa por nenhum processo de beneficiamento superficial, é esperado que os valores de rugosidade sejam mais elevados.

E por fim, a Fig.7 apresenta os valores de Rz encontrados para os revestimentos cerâmicos de acabamento EXT, ou resistentes ao escorregamento.

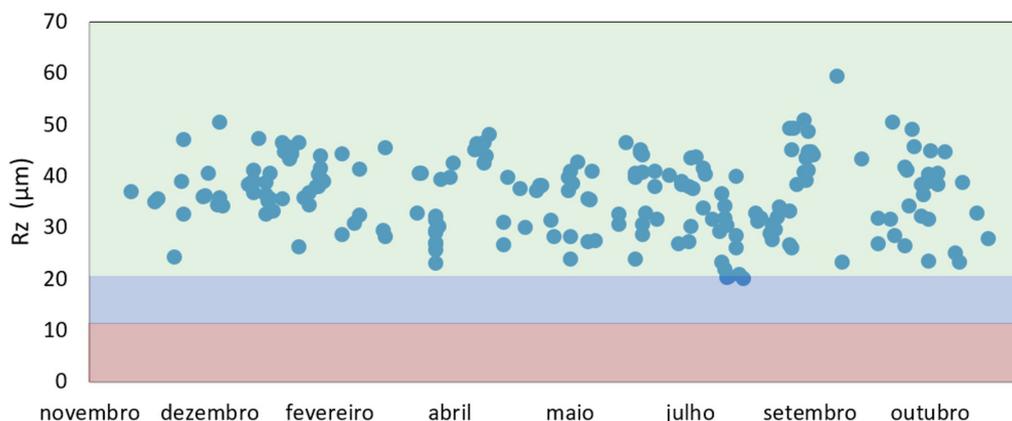


Figura 7. Gráfico de variação de Rz para produtos EXT

Como o esperado para superfícies resistentes ao escorregamento, e de acordo com a Tab.1, os valores de R_z para esse acabamento ficaram quase todos acima de 20 µm, apenas 4,3% ficaram com o R_z entre 10 e 20 µm.

A Tab.3 traz uma comparação entre os resultados obtidos de cada acabamento com a classificação definida pelo Guia de Resistência ao Escorregamento do Reino Unido. Nesta tabela os resultados deste estudo relacionam a rugosidade superficial dos revestimentos cerâmicos à resistência ao deslizamento, sendo esta influenciada pelo tipo de acabamento aplicado.

Tabela 3. Comparação dos resultados de cada acabamento com a classificação do Guia de Resistência ao Escorregamento do Reino Unido

Potencial de Escorregamento	Rugosidade R _z (µm)	Acetinado	Mate	Polido	Natural	EXT
Alto	Menos que 10	71,6%	12,3%	100%	0,51%	-
Moderado	Entre 10 e 20	28,2%	79,5%	-	72,2%	4,3%
Baixo	Maior que 20	0,16%	8,3%	-	27,3%	95,7%

Analisando a Tab.3 os revestimentos com acabamento acetinado apresentaram a maioria dos valores de rugosidade R_z abaixo de 10 µm, ou seja, os produtos acetinados possuem um alto potencial de escorregamento, o que os torna inadequados para ambientes molhados. Os revestimentos com acabamento mate, embora mais rugosos que os acetinados, ainda apresentaram uma porcentagem significativa de amostras (79,5%) com valores de R_z entre 10 e 20 µm, caracterizando um risco moderado de escorregamento.

Os acabamentos polido e natural mostraram resultados previsíveis. O acabamento polido, com sua textura lisa caracterizada pela remoção quase total da rugosidade superficial, mostra resultados de R_z muito baixos (abaixo de 5 µm), sendo totalmente inadequados para ambientes molhados. O acabamento natural mostrou um comportamento intermediário, com 72,2% dos valores de R_z situando-se entre 10 e 20 µm, o que indica um risco moderado de escorregamento, mas ainda aceitável em ambientes com umidade controlada.

Já os revestimentos com acabamento EXT (resistente ao escorregamento), apresentaram os maiores valores de rugosidade R_z, com 95,7% das amostras situadas acima de 20 µm. Este elevado valor de rugosidade proporciona uma superfície mais áspera, resultando em um baixo potencial de escorregamento, ideal para áreas com alto risco de escorregamento, como áreas externas, banheiros e cozinhas, onde a segurança dos usuários é uma prioridade.

4. CONCLUSÃO:

Os resultados mostraram que os revestimentos cerâmicos com acabamento polido apresentaram os menores valores de rugosidade R_z, todos abaixo de 5 µm, indicando alto potencial de escorregamento. Os acabamentos acetinado e mate tiveram a maioria dos valores de R_z abaixo de 10 µm e entre 10-20 µm, respectivamente, caracterizando risco alto a moderado de escorregamento. O acabamento natural apresentou valores distribuídos entre 10 e 20 µm (72,2%) e acima de 20 µm (27,3%), enquanto o acabamento EXT obteve os maiores valores de R_z, com 95,7% das amostras acima de 20 µm, demonstrando baixo potencial de escorregamento.

Este estudo reafirma a importância da rugosidade R_z como um fator determinante na escolha de revestimentos cerâmicos, especialmente em relação à tendência à resistência ao escorregamento.

A análise detalhada dos diferentes tipos de acabamento permite uma melhor compreensão de como esses revestimentos podem ser aplicados em locais específicos, promovendo a segurança e a funcionalidade desejadas. Portanto, a consideração cuidadosa dessas características no momento da escolha do revestimento cerâmico, pode prevenir acidentes e proporcionar ambientes mais seguros e adequados para diversos tipos de uso, principalmente em espaços onde a interação com a umidade é constante.

AGRADECIMENTOS:

Os autores agradecem ao Departamento de Garantia da Qualidade da Empresa Mohawk Brasil, bem como aos seus colaboradores, pela disponibilização dos equipamentos, colaboração e orientação.

REFERÊNCIAS:

- [1] Demarch A, 2024. Estudo do desempenho de diferentes superfícies de revestimento cerâmico quanto ao desgaste em condições reais de uso. Criciúma: Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade do Extremo Sul Catarinense.
- [2] Silva M N P, Silva M N P, Barrionuevo B U S, Feitosa I M, Silva G S, 2015. Revestimentos cerâmicos e suas aplicabilidades. Cadernos de Graduação, Ciências Exatas e Tecnológicas 2, 3, 87-97.
- [3] ABNT NBR 16919, 2020. Placas cerâmicas. Determinação do coeficiente de atrito. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- [4] Parra B S, Gennari R C, Melchiades F G, Boschi A O, 2006. Cerâmica Industrial 11, 2, 0-4.
- [5] Demarch A, 2019. Análise da relação entre rugosidade superficial e resistência ao escorregamento de revestimentos cerâmicos submetidos ao desgaste. Criciúma: Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade do Extremo Sul Catarinense.
- [6] Rosentritt M, Schneider-Feyrer S, Kurzendorfer L, 2024. Comparison of surface roughness parameters Ra/Sa and Rz/Sz with different measuring devices. Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials 150, 106349. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmbbm.2023.106349>
- [7] Sedlaček M, Podgornik B, Vižintin J, 2009. Influence of surface preparation on roughness parameters, friction and wear. Wear 266, 3-4, 482-487. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wear.2008.04.017>
- [8] Carpinett L C R, Gonçalves Filho E V, Porto A J V, Jasinevicius R G, 1996. Rugosidade superficial conceitos e princípios de medição. São Carlos: EESC-USP.
- [9] Instrusul, 2017. Rugosímetro: como funciona. Instrumentos de Medição. <https://blog.instrusul.com.br/rugosimetro-como-funciona/>
- [10] ABNT NBR ISO 4288, 2008. Especificações geométricas do produto (GPS). Rugosidade: método do perfil. Regras e procedimentos para avaliação de rugosidade. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.