

## Breve Descrição dos Métodos de Avaliação da Resistência ao Escorregamento de Revestimentos Cerâmicos

Murilo Milani Scorisa<sup>a</sup>, Ana Virgínia Lot<sup>a</sup>, Fábio Gomes Melchiadés<sup>a,b</sup>, Anselmo Ortega Boschi<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> *Laboratório de Revestimentos Cerâmicos – LaRC, Departamento de Engenharia de Materiais – DEMA, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, São Carlos, SP, Brasil*

<sup>b</sup> *Centro de Revestimentos Cerâmicos – CRC, Parque Eco Tecnológico Damha I, São Carlos, SP, Brasil*

\*e-mail: [daob@ufscar.br](mailto:daob@ufscar.br)

### Resumo

Revestimentos cerâmicos são frequentemente apontados como causadores de quedas por escorregamento. Um estudo mais aprofundado deixa clara a complexidade do assunto e o considerável número de variáveis envolvidas. Nesse cenário, sob o ponto de vista legal, de caracterização, de especificação e de desenvolvimento de produto, é preciso que a resistência ao escorregamento seja devidamente avaliada. Infelizmente, entretanto, a avaliação dessa característica é extremamente complexa, pois, além do método de medida propriamente dito depende, dentre outros fatores, das características da superfície, das condições de uso (seco, úmido, etc.), do usuário (idade, saúde, etc.), da manutenção (limpeza, desgaste, etc.). Assim sendo, os resultados das medidas não necessariamente são válidos para todas as possíveis condições de uso e, por outro lado, não é viável avaliar essa característica em todas as condições de uso. Nesse cenário extremamente complexo, a necessidade fez com que vários métodos de medida fossem desenvolvidos e adotados pelas normas técnicas. O objetivo do presente trabalho foi apresentar uma breve descrição dos principais métodos utilizados para a avaliação da resistência ao escorregamento de revestimentos cerâmicos.

**Palavras-chave:** quedas por escorregamento, resistência ao escorregamento, revestimentos cerâmicos.

## 1. Introdução

### 1.1. O acidente de escorregamento

Acidentes de queda da própria altura podem ocasionar lesões, fraturas ou mesmo óbitos, eventualmente, sendo responsáveis por grandes perdas econômicas e sofrimento humano<sup>1</sup>. Dentre as diversas causas que podem desencadear esse tipo de acidente, destaca-se o escorregamento em superfícies lisas, bastante recorrente em ambientes domésticos, laborais e públicos.

O escorregamento é a perda de equilíbrio causada por uma ação imprevista fora do controle do indivíduo ou pelo decréscimo no coeficiente de atrito entre seus pés e a superfície de apoio<sup>2</sup>. E um escorregamento pode desencadear uma queda, o que dependerá de fatores intrínsecos ao indivíduo - como sua capacidade de manter o equilíbrio, cuidados ao se movimentar e limitações motoras - e de fatores extrínsecos relacionados à segurança do ambiente e aos riscos de que se ocorra o acidente - como a inclinação da superfície, o coeficiente de atrito do piso, sua rugosidade e relevo, suas condições de uso e até mesmo o tipo de movimento sendo executado<sup>3,4</sup>.

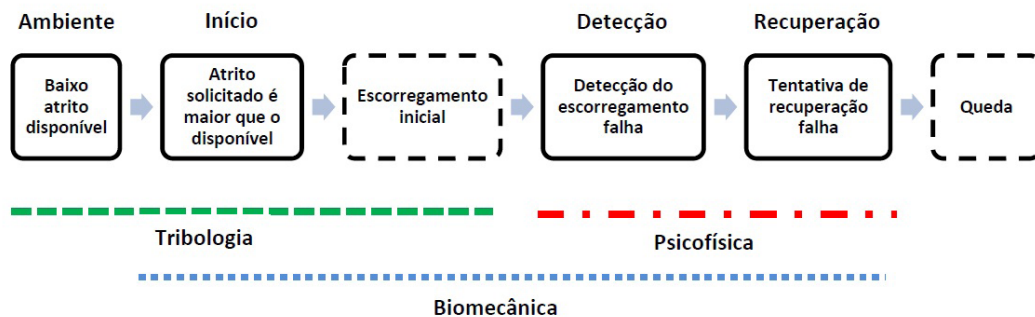
Com tamanha quantidade de aspectos envolvidos nesse tipo de acidente, seu entendimento é abordado por diversas áreas de estudo como a epidemiologia, a biomecânica, a tribologia e a psicofísica. A Figura 1 ilustra, de maneira simplificada, as etapas envolvidas em um acidente de queda por escorregamento.

Quando o indivíduo se locomove, pisando na superfície de apoio, surgem componentes de força e um valor instantâneo de atrito no sistema, o atrito requisitado. O escorregamento ocorre quando o atrito requisitado é maior que o atrito disponível, ou seja, o atrito máximo que o revestimento oferece em oposição ao movimento do pé<sup>6</sup>. Portanto, sendo a contribuição do revestimento no desencadeamento desse tipo de ocorrência ligada ao atrito que o mesmo oferece durante seu uso, a abordagem tribológica deve ser o foco dos fabricantes de pisos.

O objetivo do presente trabalho foi apresentar uma breve descrição dos principais métodos utilizados para a avaliação da resistência ao escorregamento de revestimentos cerâmicos.

### 1.2. Resistência ao escorregamento dos revestimentos cerâmicos

Os revestimentos cerâmicos são frequentemente associados a acidentes de escorregamento. Suas superfícies, geralmente esmaltadas e/ou polidas, apresentam baixa rugosidade e oferecem atrito relativamente baixo ao indivíduo se locomovendo. Por outro lado, esse tipo de superfície é facilmente limpável, o que torna bastante comum a utilização desses revestimentos em ambientes onde há contato com sujeiras e fluidos, como em áreas externas e áreas de banho, por exemplo. E é justamente



**Figura 1.** Etapas de um acidente de queda por escorregamento e escopos das abordagens tribológica, psicofísica e biomecânica. Adaptado de Lockheart<sup>5,209</sup>.

nesses ambientes que o risco de escorregamento é maior<sup>3</sup> e a maior quantidade de casos de queda da própria altura são registrados<sup>7-9</sup>. Os fluidos reduzem os pontos de contato e o atrito entre a superfície do piso e a do pé do indivíduo, tornando o revestimento mais escorregadio. Assim sendo, os especificadores e desenvolvedores de revestimentos de superfícies devem considerar, para garantir a segurança no uso de seus produtos, que o atrito oferecido dependerá muito de suas características superficiais e das condições de uso dos mesmos.

Em áreas em que o piso entra em contato com líquidos, por exemplo, os perfis mais seguros de rugosidade devem apresentar picos elevados e estreitos, seguidos de vales profundos que possam comportar maior volume de água, preservando assim pontos secos de contato entre o revestimento e o pé do usuário<sup>10</sup>. Apesar disso, essa geometria de picos estreitos favorece o acúmulo de sujeira e é constantemente ameaçada por esforços mecânicos e pelo ataque químico de produtos de limpeza. Outro aspecto importante a ser considerado é o desgaste que geralmente reduz a rugosidade da superfície e, conseqüentemente, a resistência ao escorregamento. O desgaste, entretanto, além da natureza da superfície, depende das condições de uso, o que dificulta a avaliação da resistência ao escorregamento durante a vida útil do produto.

Neste contexto, é necessário que se disponha de técnicas e aparelhos confiáveis para a avaliação da resistência ao escorregamento dos revestimentos de superfície durante todo seu ciclo de vida. De um modo geral os métodos de avaliação devem ser precisos, reprodutíveis, rápidos, simples e baratos.

### 1.3. A medida da resistência ao escorregamento

A avaliação da resistência ao escorregamento de um piso é bastante complexa, visto que além das propriedades do próprio piso, essa característica é afetada por variáveis relacionadas ao indivíduo e/ou ao ambiente.

O coeficiente de atrito do piso varia com o efeito de lubrificação entre as superfícies do chão e do pé na presença de água e/ou contaminantes<sup>5</sup>, com a velocidade com que se caminha, a inclinação do plano, o fato de o usuário estar descalço ou calçado e qual o tipo de solado, por exemplo<sup>11</sup>.

E os aparatos utilizados para avaliar o coeficiente de atrito dos pisos buscam reproduzir as condições de uso. Para exemplificar quão difícil e complexa é essa tarefa, no caso de banheiros, o atrito requisitado durante o banho é diferente do solicitado ao caminhar.

Com a baixa reprodutibilidade das técnicas atuais de medida do coeficiente de atrito e as contradições entre resultados obtidos por diferentes técnicas<sup>6</sup>, a adoção de um valor seguro desse coeficiente para pisos cerâmicos se torna ainda mais difícil. Não há nem mesmo um consenso a respeito de qual coeficiente (estático ou dinâmico) é o mais adequado para classificar a resistência ao escorregamento de uma superfície. A medida do coeficiente de atrito dinâmico é absolutamente necessária em casos onde há contaminação por líquidos, visto que os efeitos lubrificantes responsáveis pela perda de aderência surgem a partir de uma situação fluidodinâmica. Por outro lado, o coeficiente de atrito estático pode ser considerado mais relevante por determinar quando o escorregamento irá se iniciar.

Com tamanha complexidade envolvida na medição da resistência ao escorregamento de revestimentos cerâmicos, dentre as diversas técnicas e aparelhos existentes para tal finalidade, não há um consenso sobre quais métodos são mais confiáveis. Assim sendo, atualmente, os métodos e equipamentos adotados por diferentes normas técnicas e para diferentes produtos varia. Essa indefinição dificulta consideravelmente a avaliação comparativa dos tipos de produtos disponíveis para o recobrimento de superfícies. Ao longo dos anos vários métodos e equipamentos foram abandonados. A seguir, são apresentadas as principais técnicas de avaliação da resistência ao escorregamento de revestimentos cerâmicos, suas vantagens e limitações, assim como as normas técnicas que as adotam.

## 2. Métodos de Avaliação da Resistência ao Escorregamento

### 2.1. Pêndulo Britânico

O **Pêndulo Britânico** consiste de um pêndulo, com a extremidade revestida por uma borracha, que é solto de um determinado ângulo e resvala em uma faixa de 124-126mm da superfície sob análise. Um marcador registra o ângulo

máximo atingido pelo pêndulo após o contato com a superfície do revestimento. Quanto maior o coeficiente de atrito dinâmico da superfície, maior a resistência e a desaceleração imposta ao pêndulo e, portanto, o ângulo que o mesmo alcança no marcador. A Figura 2 traz um exemplo de pêndulo britânico.

A escala do marcador é a PTV (Pendulum Test Value), que corresponde ao coeficiente de atrito dinâmico multiplicado por cem. A Tabela 1 traz a relação entre a leitura do pêndulo e o potencial de escorregamento.

Uma grande vantagem desse método é a possibilidade de medição *in situ*, permitindo avaliar a resistência ao escorregamento em condições reais de uso. Isso permite inclusive medir o nível de desgaste que o revestimento sofre ao longo dos anos e avaliar como esse desgaste afeta a resistência ao escorregamento.

As normas BS EN 13036-4:2011 do Reino Unido, a norma ASTM E303-1993 dos EUA e as normas australianas AS 4663:2013 e AS 4586:2013 recomendam o uso do pêndulo britânico para determinação do coeficiente de atrito dinâmico de superfícies. O método é, atualmente, adotado como norma padrão em quarenta e nove países.

As normas australianas HB 197:1999<sup>14</sup> e HB 198:2014<sup>15</sup> são atualmente as mais detalhadas para avaliação da resistência ao escorregamento de pedestres em superfícies

úmidas, adotando limites específicos para diversas aplicações (como passarelas e rampas externas, praças de alimentação, etc.), inclusive em situações onde se presume um usuário descalço, situação simulada por meio do uso de borrachas mais macias no pêndulo.

## 2.2. Deslizadores motorizados

Tribômetros do tipo *drag-sled* (denominados **deslizadores motorizados** no Brasil) como o **Tortus** e o **BOT-3000** são dispositivos motorizados que percorrem o revestimento arrastando uma base de borracha. A resistência do piso ao movimento da borracha é registrada e convertida em medida de coeficiente de atrito dinâmico. A Figura 3 ilustra esses dois dispositivos.

A norma brasileira NBR 13818/Anexo N prevê a utilização do deslizador motorizado Tortus. O dispositivo deve ser ajustado para percorrer uma distância mínima de 150 mm para registrar o coeficiente de atrito dinâmico do piso<sup>17</sup>. A Tabela 2 mostra a classificação dos revestimentos a partir da leitura do aparelho Tortus segundo o “Transport Road Research Laboratory”, adotada na NBR 13818.

Embora seja um método proposto pela norma ISO, sua utilização não é muito comum na Europa. Há indicativos de que suas leituras em superfícies molhadas não se correlacionam adequadamente com a realidade devido, em termos gerais, às grandes diferenças entre os esforços aplicados pelo aparelho e aqueles desenvolvidos durante o caminhar<sup>18</sup>.



Figura 2. Pêndulo Britânico<sup>12</sup>.

Tabela 1. Limites de segurança estabelecidos pelo método do Pêndulo Britânico para superfícies planas<sup>13</sup>.

PTV	0-24	25-35	>36
<b>Potencial de Escorregamento</b>	Alto	Moderado	Baixo

Tabela 2. Recomendação do uso de pisos conforme seu coeficiente de atrito dinâmico, segundo o *Transport Road Research Laboratory* - adotada na NBR 13818/97 Anexo N<sup>17</sup>.

Coeficiente de Atrito	<0,4	0,4
<b>Uso</b>	Satisfatório para instalações normais	Recomendado para uso onde se requer resistência ao escorregamento



Figura 3. Aparelho Tortus (a) e BOT-3000 (b)<sup>16</sup>.

O BOT-3000 é um dispositivo similar ao Tortus, porém mais avançado. Seu último modelo, o BOT-3000E, conta com uma câmera frontal que registra imagens do caminho percorrido pelo equipamento, entrada USB para armazenagem de dados e display digital com funções *pre-set* de parâmetros estabelecidos por normas como a ANSI B101.3, que aceita o BOT-3000 como um teste válido<sup>19</sup>.

Por serem dispositivos portáteis, os deslizadores motorizados permitem a realização das medições *in situ*, assim como o pêndulo britânico. Isso possibilita a avaliação do revestimento estudado nas reais condições de uso, levando em conta seu desgaste natural ou causado por manutenção inadequada.

Esse tipo de medida é de extrema importância quando acidentes de quedas culminam em ações judiciais, muitas vezes, envolvendo indenizações onerosas. Nesse caso, os deslizadores motorizados costumam ser muito bem aceitos, visto que o processo de medição é quase que inteiramente automatizado, o que evita ou dificulta a interferência do operador nos resultados.

Um ponto negativo apontado para esses dispositivos é o fato de serem patenteados - tanto o Tortus, como o BOT-3000 - o que impede sua adoção em diversas normas internacionais.

### 2.3. Método da rampa

As normas alemãs DIN 51130 e DIN 51097 abordam o **método da rampa**<sup>20,21</sup>. Um operador caminha de modo padronizado sobre a superfície do piso colocado na rampa de inclinação variável. A inclinação da rampa varia com o tempo e o ângulo no qual o operador começa a escorregar é registrado e utilizado para estimar o coeficiente de atrito do revestimento. São realizadas repetições do teste para se minimizar as variáveis humanas, como peso, cansaço, equilíbrio, etc. A Figura 4 mostra um teste de rampa sendo executado.

O método da rampa é considerado por muitos o método de ensaio mais realista existente. O potencial de escorregamento de um piso é avaliado de forma bastante segura, visto que no ensaio é gerada uma solicitação bem próxima do caminhar humano, difícil de ser reproduzida por dispositivos mecânicos. Os testes podem, ainda, ser feitos com diferentes combinações de tipos de calçados e condições de uso do revestimento, permitindo definir com mais precisão as condições seguras de uso do piso.

Há uma forte correlação entre seus resultados e resultados obtidos com o pêndulo e com os deslizadores motorizados. E uma boa correlação com os resultados do teste de rampa pode ajudar um dispositivo de teste de resistência ao deslizamento a tornar-se mais aceito.

Apesar dessas vantagens, é um teste mais caro e não permite medições *in situ*. Para avaliar um piso já instalado e em uso, o mesmo deve ser removido do chão e montado sobre a rampa.

As Tabelas 3 e 4 apresentam a classificação dos revestimentos sugerida pelas normas DIN.



**Figura 4.** Exemplo de teste de rampa de acordo com as normas DIN<sup>22</sup>.

**Tabela 3.** Classificação segundo a norma DIN 51097 para pés descalços em superfícies contaminadas com água ou sabão<sup>23</sup>.

Classificação - DIN 51097 para pés descalços em superfícies contaminadas com água ou sabão			
	A	B	C
Ângulo do Escorregamento	12°-17°	18°-23°	>24°
Coefficiente de Atrito	0,21-0,31	0,32-0,42	>0,45

**Tabela 4.** Classificação segundo a norma DIN 51130 para superfícies contaminadas com óleo de motor e operador calçado com botas especializadas<sup>24</sup>. A escala R classifica os pisos como mais (R9) ou menos (R13) escorregadios.

Classificação - DIN 51130 para operador calçado em superfícies contaminadas com óleo					
	R9	R10	R11	R12	R13
Ângulo do Escorregamento	6°-10°	10°-19°	19°-27°	27°-35°	>35°
Coefficiente de Atrito	0,11-0,18	0,18-0,34	0,34-0,51	0,51-0,70	>0,70

### 2.4. Teste SlipAlert

O SlipAlert é um método que se assemelha ao teste do pêndulo e os resultados desses dois métodos apresentam boa correlação entre si. Nesse caso a base de borracha que resvala no revestimento se encontra sob um carrinho que é solto de uma rampa com inclinação e altura padronizadas. Quanto mais escorregadio for o piso, menos energia será

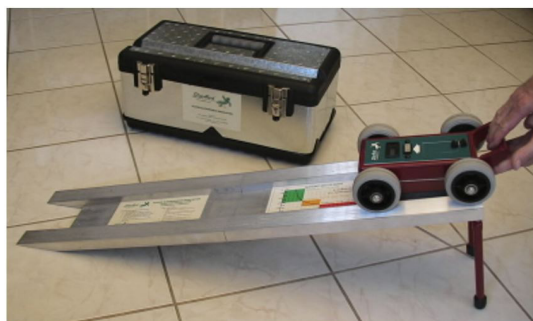


Figura 5. Conjunto SlipAlert<sup>25</sup>.

absorvida no trajeto do dispositivo e o mesmo percorrerá maior distância, que será correlacionada com a resistência ao escorregamento do revestimento. A Figura 5 mostra o SlipAlert em vias de ser acionado.

É importante observar que o SlipAlert pode percorrer distâncias muito maiores do que os outros testes *in situ* (aprox. 125mm no pêndulo; e aprox. 150mm nos deslizadores motorizados). Ou seja, é provável que a borracha resvale em uma série de desníveis entre uma placa e outra e sofra interferência dos próprios rejuntas na absorção de energia. Isso pode ser interpretado como um desvio na medida, mas deve-se ressaltar que, de fato, a presença de relevos e a adoção de ladrilhos menores favorece a resistência ao escorregamento de uma superfície sobre a qual o indivíduo caminha<sup>26</sup>. Com o método, essas interferências são levadas em consideração e o resultado da medida representa a resistência ao escorregamento média da área percorrida. Outro fator diferencial desse dispositivo é que o mesmo permite simular velocidades condizentes com as vivenciadas por uma pessoa durante o escorregamento.

Por ser um dispositivo patenteado, o SlipAlert não possui uma norma ASTM. No Reino Unido, a norma BS 8204-6:2008 prevê sua utilização.

### 3. Considerações Finais

As diversas tentativas de se desenvolverem tecnologias que permitam avaliar com precisão o potencial de escorregamento de um revestimento exemplificam a complexidade do assunto. Normalmente têm sido empregadas técnicas que medem o coeficiente de atrito dinâmico oferecido pelo piso. No entanto, as solicitações mecânicas do caminhar humano e outros movimentos executados no banho, por exemplo, são difíceis de serem simulados nos testes, o que leva a uma ampla discussão sobre a eficácia de cada método.

A divergência nos resultados entre as diversas técnicas de medição de resistência ao escorregamento, aliada a normatização discrepante, dificulta a abordagem do problema. Não há um consenso sobre qual método é mais confiável.

De modo geral, as consolidadas técnicas do Pêndulo Britânico e o Método da Rampa se mostram mais aceitas na comunidade acadêmica e associações normativas

internacionais, apontando com elevada segurança o potencial de escorregamento de um revestimento. Os deslizadores motorizados BOT-3000 e TORTUS e o tribômetro SlipAlert são tecnologias mais modernas e patenteadas, com boa aceitação em disputas judiciais e associações normativas (nas que aceitam dispositivos patenteados). Entretanto, ainda há discussão sobre a eficácia e confiabilidade das mesmas, o que não é mais comum entre técnicas mais antigas e de domínio público, como o Teste da Rampa e o Pêndulo Britânico.

### Referências

1. LOCKHART, T. E.; GRÖNQVIST, R.; CHENG, W. Prevention of fall-related accidents. [Editorial]. **Safety Science**, n. 43, 355-357, 2005.
2. SACHER, A. – “Slip Resistance and the James Machineo. 5. Static Coefficient of Friction-Sine QuaNon. **AFTM Standardization New**, v. 22, n. 8, 52-59, 1993.
3. LI, K.W., et al. Floor slipperiness measurement: friction coefficient, roughness of floors, and subjective perception under spillage conditions. **Safety Science**. v. 42, p. 547-565, 2004.
4. SIEGMUND, G.P. et al. Utilized friction when entering and exiting a dry and wet bathtub, **Gait Posture**, v. 31 n. 4, p. 473-478, 2010.
5. LOCKHART, T. An integrated approach towards identifying age-related mechanisms of slip initiated falls. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 18, n. 2, 205-217, 2008.
6. FONG, D.T. et al. Greater toe grip and gentler heel strike are the strategies to adapt to slippery surface. **Journal of Biomechanics**, v. 41, 838-844, 2008b.
7. SHEPHERD, M. et al. Injury Bulletin: Bathroom Injuries in Queensland. Queensland Injury Surveillance Unity. Queensland, n.91. mai. 2006.
8. MULLICK, A. Bathing for Older People with Disabilities. Buffalo, NY: State University of New York at Buffalo, 1999.
9. MAO, S.J. et al. Injuries associated with bathtubs and showers among children in the United States. **Pediatrics**, v. 124, n. 2, 541-547, 2009.
10. CHANG, W. Preferred surface microscopic geometric features on floors as potential interventions for slip and fall accidents on liquid contaminated surfaces. **Journal of Safety Research**, v. 35, n. 1, 71-79, 2004.
11. CHAM, R.; REDFERN, M. Heel contact dynamics during slip events on level and inclined surfaces. **Saf Sci** 2002, v.40, p.559-576, 2002.
12. WEBSITE, K. S. S. Solutions. Disponível em <http://kssolutions.co.uk/KSSPendulum.aspx>.
13. United Kingdom Slip Resistance Group (UKSRG). The Measurement of Floor Slip Resistance - Guidelines Recommended by the UK Slip Resistance Group, v.2, 2000.
14. Standards Australia. “HB 197:1999,” Standards Australia 1999, Australia.
15. Standards Australia. “HB 198:2014 - Guide to the specification and testing of slip resistance of pedestrian surfaces” Standards Australia 2014, Australia.
16. Website Safety Direct America - Disponível em <https://safetydirectamerica.com/sliptestinstruments/>.

17. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13818, Placas Cerâmicas – Especificações e Métodos de Ensaio, ABNT, 1997.
18. HARRIS. G.W. AND SHAW, S.R., 1988. Slip resistance of floors: user's opinions, Tortus instrument readings and roughness measurement. **Journal of Occupational Accidents**, v. 9, 287-298, 1987.
19. ANSI, B101.3 - Test Method for Measuring Wet DCOF of Common Hard-Surface Floor Materials, 2012.
20. German National Standard. DIN EN 51097, Testing of floor coverings; determination of the anti-slip properties; wet-loaded barefoot areas; walking method; ramp test. 1992.
21. German National Standard. DIN 51130. Testing of floor coverings; determination of the anti-slip properties; workrooms and fields of activities with slip danger; walking method; ramp test. 2004.
22. Website Materials Testing Laboratory for floor/wall and other construction products. Disponível em <http://www.test-lab.eu/en/tests/other/>.
23. German National Standard. DIN EN 51097, Testing of floor coverings; determination of the anti-slip properties; wet-loaded barefoot areas; walking method; ramp test. 1992.
24. German National Standard. DIN 51130. Testing of floor coverings; determination of the anti-slip properties; workrooms and fields of activities with slip danger; walking method; ramp test. 2004.
25. WEBSITE, W. I. K. I. P. É. D. I. A. Wikimedia Foundation. Disponível em: [https://en.wikipedia.org/wiki/Floor\\_slip\\_resistance\\_testing#cite\\_note-20](https://en.wikipedia.org/wiki/Floor_slip_resistance_testing#cite_note-20).
26. SARIISIK, A. Safety analysis of slipping barefoot on marble covered wet areas. **Safety Science**, v. 47, 1417-1428, 2009.