



Análise das deformações elásticas e comparação de métodos de medição dimensional.

Juliana Luiza de Souza Bonfim – Coordenadora LabCCB.

9^o CONGRESSO
DA INDÚSTRIA
CERÂMICA DE
REVESTIMENTO



22, 23 e 24 | Outubro | 2024

Santa Gertrudes / SP

Características das placas cerâmicas para revestimento					
Quadro IX - Grupo de absorção BIIb (prensado)		6% < Abs ≤ 10 %			
Características geométricas e visual	Unidades	Superfície S do produto cm ²			
		S ≤ 90	90 < S ≤ 190	190 < S ≤ 410	S > 410
Desvio de W em relação a N modulares	mm	2 - 5	2 - 5	2 - 5	2 - 5
Desvio de W em relação a N não modulares	mm	5	5	5	5
	%	±2	±2	±2	±2
Desvio de r ¹⁾ em relação a W	%	± 1,2	± 1,0	± 0,75	± 0,6
Desvio de r ¹⁾ em relação a R ²⁾		± 0,75	± 0,5	± 0,5	± 0,5
Espessura ¹⁰⁾ : Desvio de e em relação a e _w		± 10,0	± 10,0	± 5	± 5
Retitude dos lados ³⁾		± 0,75	± 0,5	± 0,5	± 0,5
Ortogonalidade ³⁾		± 1,0	± 0,6	± 0,6	± 0,6
Curvatura central		± 1,0	± 0,5	± 0,5	± 0,5
Curvatura lateral		± 1,0	± 0,5	± 0,5	± 0,5
Empeno		± 1,0	± 0,5	± 0,5	± 0,5

NORMA ABNT NBR 13818 - 97

Dimensional e qualidade superficial	Dimensão nominal N			Ensaio
	7 cm ≤ N < 15 cm	N ≥ 15 cm		
	mm	%	mm	
Para placas retificadas, o desvio máximo da ortogonalidade em relação à dimensão de trabalho correspondente	± 0,4	± 0,3	± 1,5	ABNT NBR ISO 10545-2
Planaridade da superfície	o que for menor é aplicável			
O máximo desvio da planaridade, em percentual:				
a) para placas não retificadas, curvatura central, em relação a diagonal calculada a partir da dimensão de trabalho	± 0,8	± 0,5	± 2,0	ABNT NBR ISO 10545-2
b) para placas retificadas, curvatura central, em relação a diagonal calculada a partir da dimensão de trabalho	± 0,6	± 0,4	± 1,8	ABNT NBR ISO 10545-2
c) para placas não retificadas, curvatura lateral, em relação à dimensão de trabalho correspondente	± 0,8	± 0,5	± 2,0	ABNT NBR ISO 10545-2
d) para placas retificadas, curvatura lateral, em relação à dimensão de trabalho correspondente	± 0,6	± 0,4	± 1,8	ABNT NBR ISO 10545-2
e) para placas não retificadas, empeno, em relação à diagonal calculada a partir da dimensão de trabalho	± 0,8	± 0,5	± 2,0	ABNT NBR ISO 10545-2
f) para placas retificadas, empeno, em relação à diagonal calculada a partir da dimensão de trabalho	± 0,6	± 0,4	± 1,8	ABNT NBR ISO 10545-2

NORMA ABNT NBR ISO 13006 - 20

CONTEXTO

- O conceito de qualidade das placas cerâmicas evoluiu muito com o tempo, levando a uma restrição dos requisitos técnicos.

CONTEXTO

- O progresso tecnológico dos métodos de produção dos revestimentos cerâmicos permite a conformação de placas com diversos formatos.



SACMI

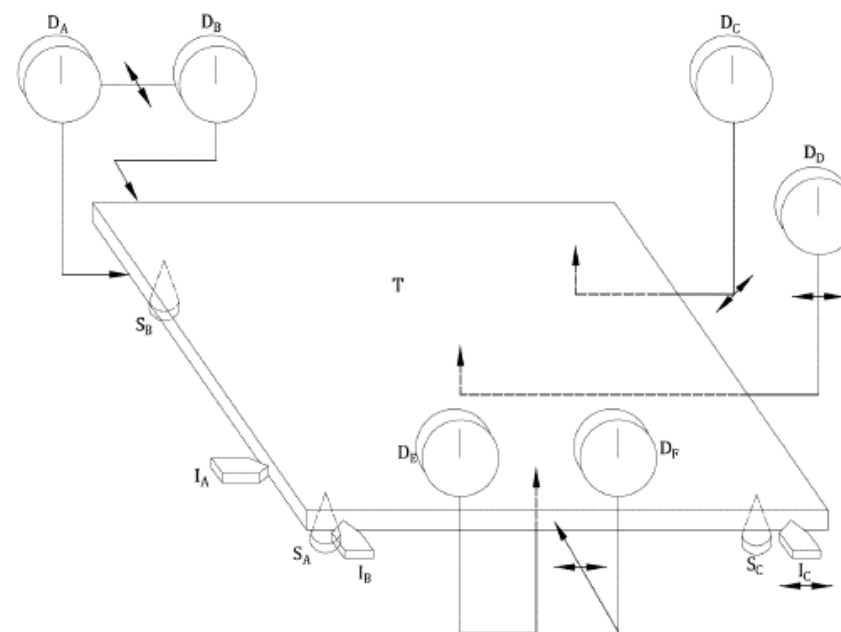


SACMI



CONTEXTO

A modernização da tecnologia não se estendeu aos procedimentos de ensaio. O método atual foi desenvolvido na década de 90 e não sofreu alterações em seus princípios até hoje.





9^o CONGRESSO
DA INDÚSTRIA
CERÂMICA DE
REVESTIMENTO
22, 23 e 24 | Outubro | 2024
Santa Gertrudes / SP



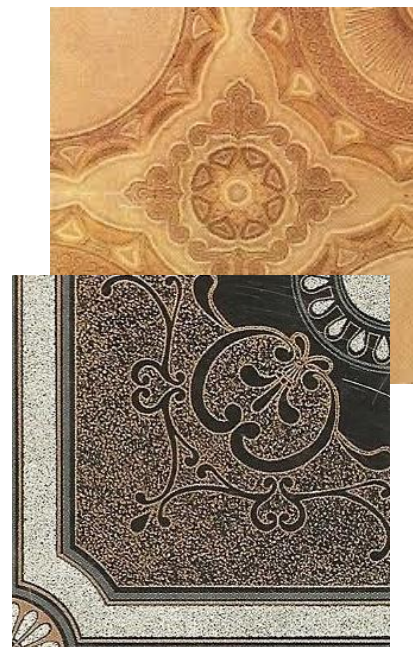
CONTEXTO

ANTIGAMENTE:

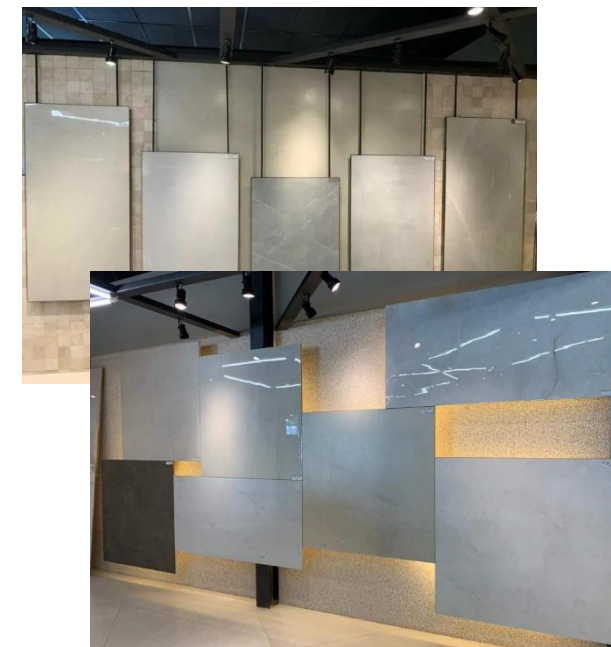
- Formatos menores;
- Superfícies lisas.

ATUALMENTE

- Formatos maiores;
- Relevos acentuados.



Museu de azulejo



Viva decora

OBJETIVO DO ESTUDO

Comparar os resultados obtidos pelos dois métodos de medição em peças menores que 60 cm:

- Dataplucómetro (apoio em três pontos);
- Braço de coordenadas tridimensionais (peças apoiadas sobre a mesa).

Dataplucómetro

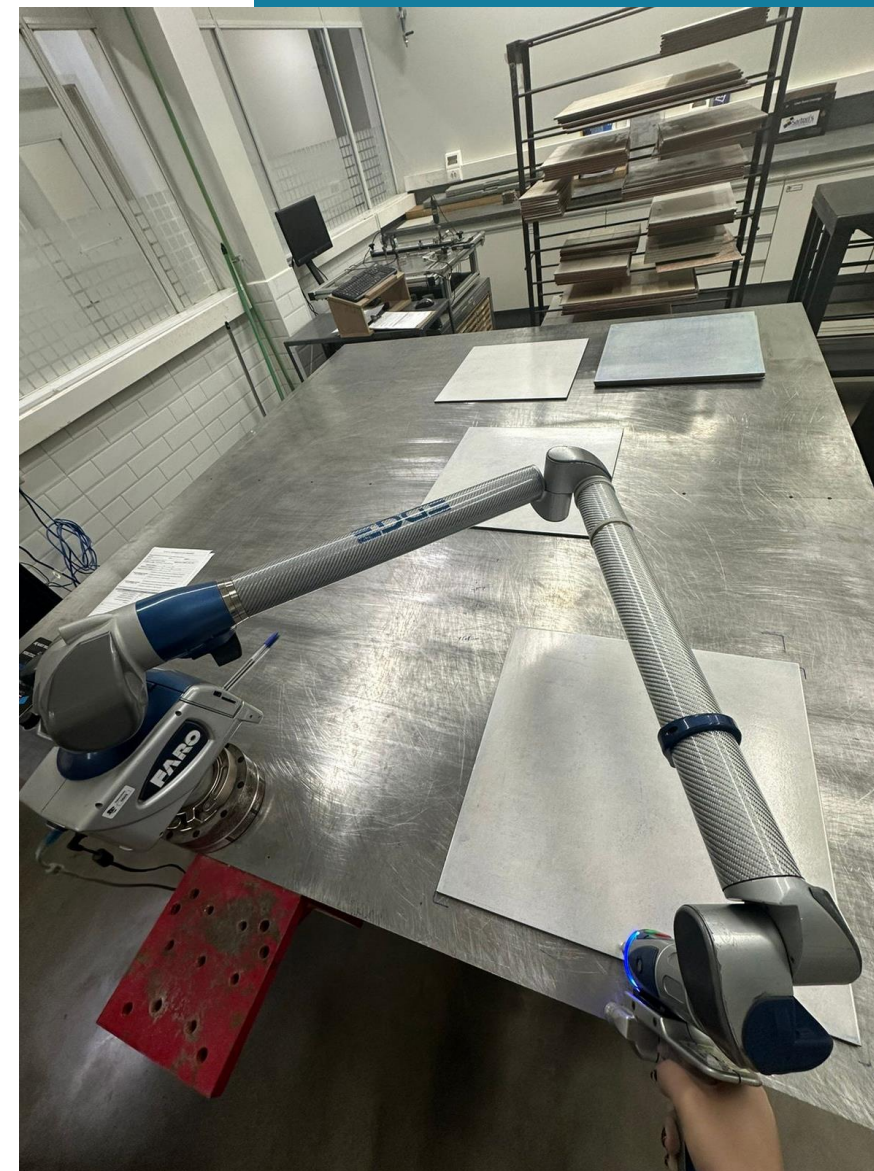
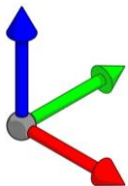
A norma estabelece um dispositivo de medição específico chamado dataplucómetro. O dataplucómetro é equipado com:

- Seis relógios comparadores para medições de precisão;
- Três apoios inferiores que formam o plano no eixo “z”;
- Três apoios laterais responsáveis por travar a rotação da placa nos eixos “x” e “y”;
- O dispositivo compara o revestimento cerâmico com uma placa padrão de aço com dimensões semelhantes às da placa cerâmica a ser medida;
- A calibração da placa padrão é feita por uma máquina de medição por coordenadas.



Braço de medidas por coordenadas tridimensionais

- O braço tridimensional é uma máquina de medição por coordenadas (MMC).
- Já é amplamente utilizado para calibrar placas padrões;
- O equipamento é combinado com um programa computacional que usa algoritmos matemáticos;
- Utiliza coordenadas X, Y, Z, que correspondem a:
 - X: Comprimento;
 - Y: Largura;
 - Z: Altura.
- O sistema define a geometria da peça e avalia seus parâmetros dimensionais.



CCB

DEFORMAÇÕES ELÁSTICAS EM PLACAS CERÂMICAS

- Ocorrem quando a placa é submetida a:
 - Força externa;
 - Seu próprio peso.
- A placa sofre uma leve mudança em sua forma.
- Natureza Elástica:
 - A deformação é considerada elástica pois ao remover a força, a placa retorna à sua forma original.

INFLUÊNCIA DA DEFORMAÇÃO NO PROCESSO DE MEDIÇÃO

As deformações elásticas afetam diretamente a precisão dos resultados de medição porque elas alteram temporariamente a geometria da placa cerâmica durante o processo de medição.

A deformação, aliada a restrição dos requisitos, vem causando reprova em amostras que nunca apresentaram problemas anteriormente.

INFLUÊNCIA DA DEFORMAÇÃO NO PROCESSO DE MEDIÇÃO

- Apoio Específico na Medição:
 - Ao ser suspensa ou apoiada em três pontos, como no dataplucómetro, a placa pode sofrer deformação por conta do seu peso.
- Leitura Inadequada:
 - Mesmo sendo elástica e reversível, essa deformação altera a precisão da leitura.



INFLUÊNCIA DA DEFORMAÇÃO NO PROCESSO DE MEDIÇÃO

Nos ensaios dimensionais como aqueles realizados com o dataplucómetro, essa deformação pode levar a erros significativos especialmente em peças maiores ou com espessuras mais finas, onde o efeito do peso é mais pronunciado.

INFLUÊNCIA DA DEFORMAÇÃO NO PROCESSO DE MEDIÇÃO

No entanto, em estudos realizados no LabCCB, peças com menores dimensões (abaixo de 60 cm) e espessuras convencionais também apresentaram resultados fora dos parâmetros normativos.





RESULTADOS

Corpo de prova	Medidas individuais de empeno - Dataplucometro				MÉDIA
	$\Delta C1$	$\Delta C2$	$\Delta C3$	$\Delta C4$	ΔC
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	1,37	1,70	1,46	1,85	1,60
2	1,15	1,75	1,13	1,83	1,47
3	1,49	2,15	1,26	2,21	1,78
4	1,40	2,05	1,33	2,19	1,74
5	1,53	1,95	1,58	2,10	1,79
6	1,43	1,87	1,64	1,97	1,73
7	1,19	1,95	1,47	1,94	1,64

Corpo de prova	Medidas individuais de empeno – Braço tridimensional				MÉDIA
	$\Delta C1$	$\Delta C2$	$\Delta C3$	$\Delta C4$	ΔC
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	-0,20	0,20	-0,20	0,20	0,00
2	-0,16	0,17	-0,17	0,16	0,00
3	-0,46	0,46	-0,46	0,46	0,00
4	-0,33	0,33	-0,33	0,33	0,00
5	-0,35	0,35	-0,35	0,35	0,00
6	-0,03	0,03	-0,03	0,03	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Placa cerâmica BIIb – Não retificada com dimensão de 58 cm x 58 cm.



RESULTADOS

Corpo de prova	Medidas individuais da curvatura central - Dataplucometro				MÉDIA
	$\Delta C1$	$\Delta C2$	$\Delta C3$	$\Delta C4$	ΔC
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	2,07	1,91	2,05	1,93	1,99
2	1,62	1,55	1,66	1,58	1,60
3	2,09	1,96	2,11	2,07	2,06
4	1,76	1,77	1,78	1,76	1,77
5	2,09	1,96	2,12	1,97	2,04
6	1,59	1,65	1,67	1,68	1,65
7	2,18	2,08	2,19	2,11	2,14

Corpo de prova	Medidas individuais da curvatura central - Braço tridimensional				MÉDIA
	$\Delta C1$	$\Delta C2$	$\Delta C3$	$\Delta C4$	ΔC
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	0,97	0,99	0,97	0,99	0,98
2	0,67	0,80	0,66	0,80	0,73
3	1,18	1,29	1,18	1,29	1,24
4	0,72	0,83	0,72	0,83	0,78
5	1,03	1,06	1,03	1,06	1,05
6	0,69	0,77	0,69	0,77	0,73
7	1,15	1,26	1,15	1,26	1,21

Placa cerâmica BIIb – Não retificada com dimensão de 58 cm x 58 cm.



RESULTADOS

Corpo de prova	Medidas individuais da curvatura central - Dataplucometro				MÉDIA
	$\Delta C1$	$\Delta C2$	$\Delta C3$	$\Delta C4$	ΔC
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	2,70	2,68	2,68	2,80	2,72
2	2,43	2,37	2,48	2,42	2,43
3	2,84	2,78	2,86	2,78	2,82
4	3,35	3,31	3,39	3,37	3,36
5	3,25	3,23	3,28	3,25	3,25
6	2,63	2,54	2,59	2,51	2,57
7	2,59	2,56	2,55	2,55	2,56

Corpo de prova	Medidas individuais da curvatura central - Braço tridimensional				MÉDIA
	$\Delta C1$	$\Delta C2$	$\Delta C3$	$\Delta C4$	ΔC
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	1,66	1,93	1,66	1,92	1,79
2	1,47	1,72	1,47	1,72	1,60
3	1,77	1,93	1,78	1,93	1,85
4	2,31	2,59	2,31	2,59	2,45
5	2,28	2,44	2,28	2,44	2,36
6	1,62	1,83	1,62	1,83	1,73
7	1,66	1,84	1,66	1,84	1,75

Placa cerâmica BIIb – Não retificada com dimensão de 58 cm x 58 cm.



RESULTADOS

Corpo de prova	Medidas individuais de empeno - Dataplucometro				MÉDIA
	$\Delta C1$	$\Delta C2$	$\Delta C3$	$\Delta C4$	ΔC
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	2,33	1,81	2,08	2,33	2,14
2	2,31	1,96	2,22	2,12	2,15
3	1,94	2,25	1,97	2,35	2,13
4	2,27	2,18	2,12	2,23	2,20
5	2,22	2,57	2,08	2,33	2,30
6	1,95	2,59	1,75	2,63	2,23
7	2,16	2,30	2,03	2,36	2,21

Corpo de prova	Medidas individuais de empeno – Braço tridimensional				MÉDIA
	$\Delta C1$	$\Delta C2$	$\Delta C3$	$\Delta C4$	ΔC
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	-0,36	0,36	-0,36	0,36	0,00
2	-0,11	0,11	-0,11	0,11	0,00
3	-0,40	0,40	-0,40	0,40	0,00
4	-0,13	0,13	-0,13	0,13	0,00
5	-0,18	0,19	-0,18	0,18	0,00
6	-0,29	0,29	-0,29	0,29	0,00
7	-0,15	0,15	-0,15	0,15	0,00

Placa cerâmica BIIb – Não retificada com dimensão de 58 cm x 58 cm.



RESULTADOS

Corpo de prova	Medidas individuais da curvatura central - Dataplucometro				MÉDIA
	$\Delta C1$	$\Delta C2$	$\Delta C3$	$\Delta C4$	ΔC
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	2,30	1,99	2,30	1,89	2,12
2	2,12	1,95	1,99	1,93	2,00
3	2,30	2,08	2,30	1,97	2,16
4	2,54	2,50	2,52	2,45	2,50
5	2,39	2,28	2,29	2,29	2,31
6	2,57	2,34	2,46	2,17	2,39
7	2,51	2,27	2,42	2,18	2,35

Corpo de prova	Medidas individuais da curvatura central - Braço tridimensional				MÉDIA
	$\Delta C1$	$\Delta C2$	$\Delta C3$	$\Delta C4$	ΔC
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	1,10	1,26	1,09	1,26	1,18
2	0,96	1,10	0,96	1,10	1,03
3	1,09	1,27	1,09	1,28	1,18
4	1,39	1,53	1,39	1,53	1,46
5	1,07	1,36	1,08	1,36	1,22
6	1,25	1,39	1,25	1,39	1,32
7	1,24	1,47	1,25	1,47	1,36

Placa cerâmica BIIb – Não retificada com dimensão de 60 cm x 60 cm.



RESULTADOS

Corpo de prova	Medidas individuais da curvatura central - Dataplucometro				MÉDIA
	$\Delta C1$	$\Delta C2$	$\Delta C3$	$\Delta C4$	ΔC
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	4,64	4,48	4,61	4,46	4,55
2	4,82	4,65	4,97	4,55	4,75
3	4,19	4,51	4,20	4,55	4,36
4	4,64	4,32	4,66	4,39	4,50
5	4,91	4,62	4,73	4,72	4,75
6	4,26	4,23	4,19	4,29	4,24
7	4,01	4,01	3,97	3,89	3,97

Corpo de prova	Medidas individuais da curvatura central - Braço tridimensional				MÉDIA
	$\Delta C1$	$\Delta C2$	$\Delta C3$	$\Delta C4$	ΔC
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	3,27	3,40	3,27	3,41	3,34
2	3,36	3,55	3,35	3,55	3,45
3	2,86	3,08	2,87	3,09	2,98
4	3,08	3,24	3,08	3,24	3,16
5	3,22	3,41	3,22	3,41	3,32
6	2,98	3,12	2,97	3,12	3,05
7	2,55	2,63	2,55	2,63	2,59

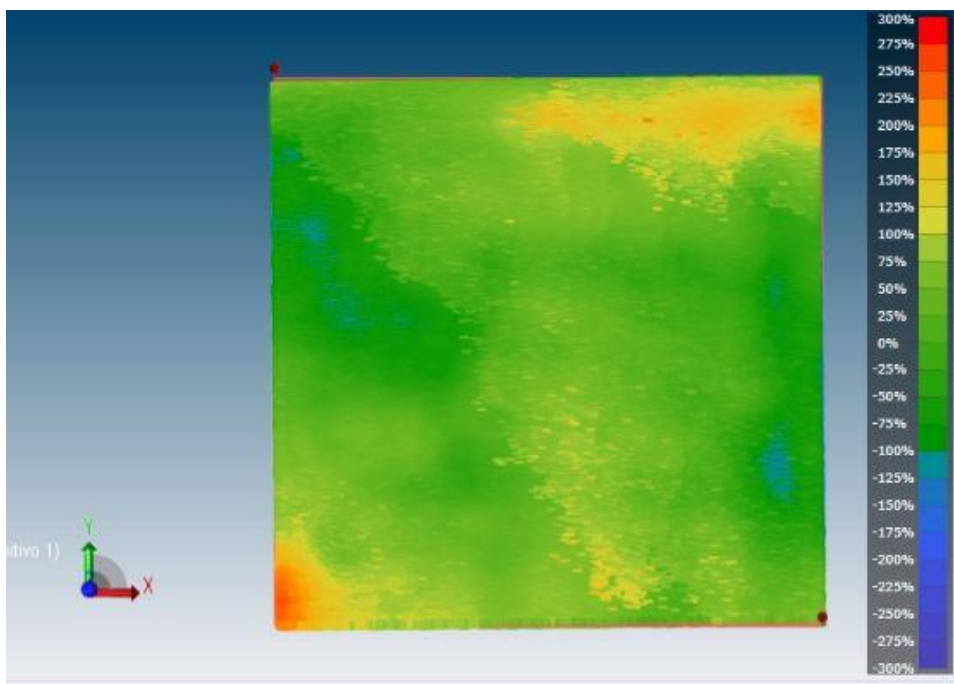
Placa cerâmica BIIb – Não retificada com dimensão de 57 cm x 57 cm.

COMPARATIVOS EM IMAGEM

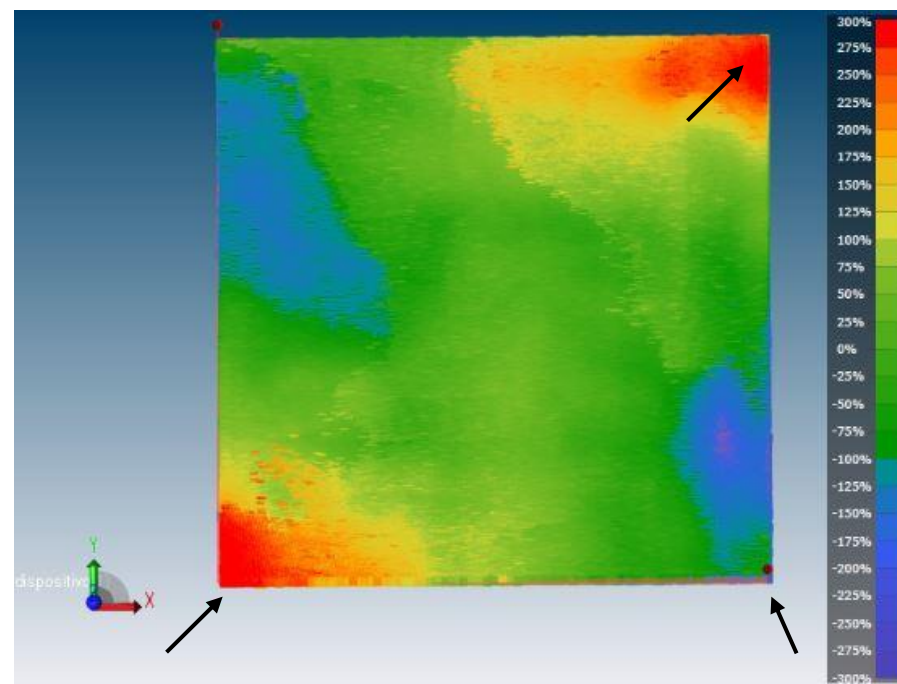
- Scanner adicional: Foi realizado um escaneamento além das medições usuais em uma peça com empeno fora da tolerância normativa.
- Condições de escaneamento: A peça foi escaneada em duas condições:
 - Totalmente apoiada;
 - Apoiada nos pontos do ensaio com dataplucómetro.



IMAGENS



Peça totalmente apoiada na mesa



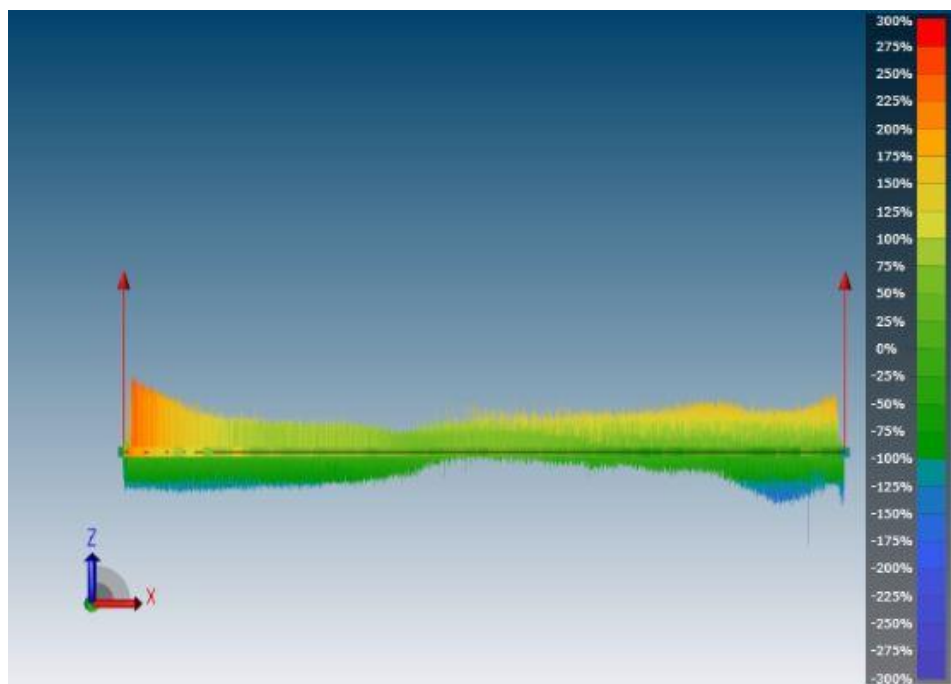
Peça nos apoios do dataplucómetro



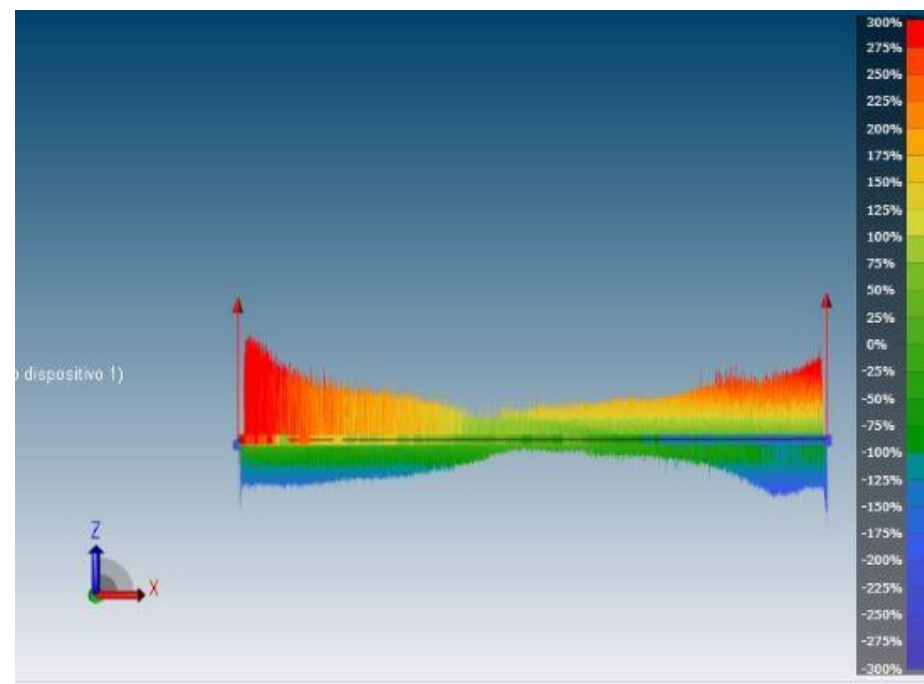
9^o CONGRESSO
DA INDÚSTRIA
CERÂMICA DE
REVESTIMENTO
22, 23 e 24 | Outubro | 2024
Santa Gertrudes / SP



IMAGENS



Peça totalmente apoiada na mesa



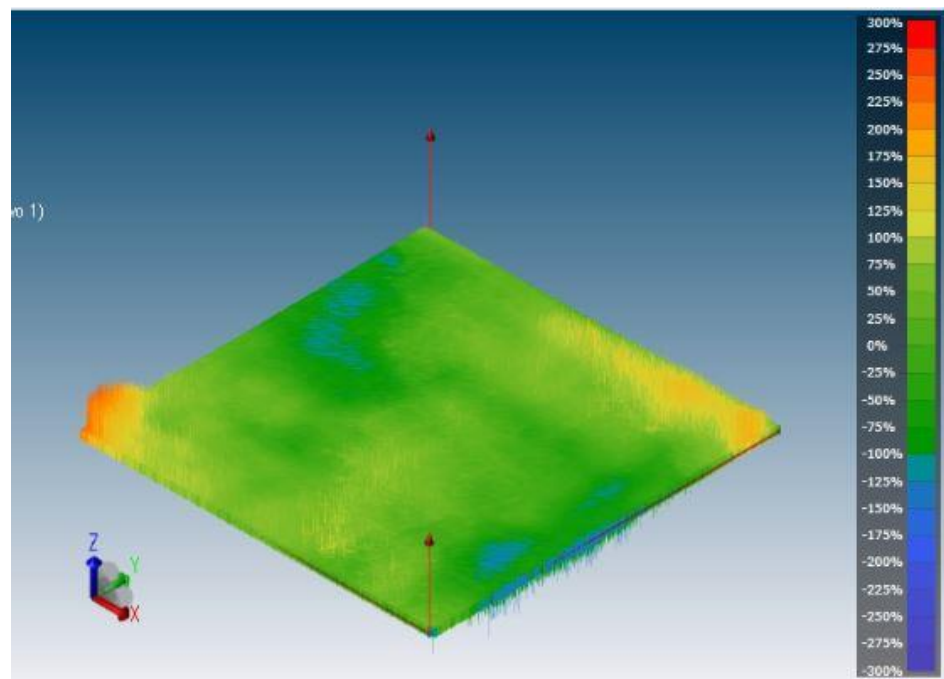
Peça nos apoios do dataplucómetro



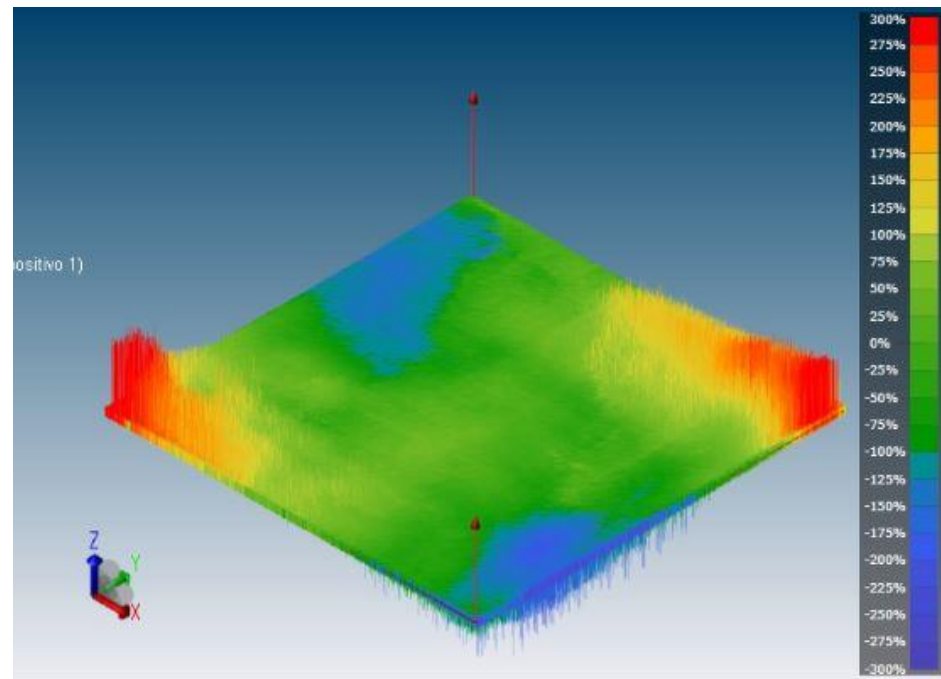
9^o CONGRESSO
DA INDÚSTRIA
CERÂMICA DE
REVESTIMENTO
22, 23 e 24 | Outubro | 2024
Santa Gertrudes / SP



IMAGENS



Peça totalmente apoiada na mesa



Peça nos apoios do dataplucómetro

CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

- **Conclusão:** O método de medição tridimensional proporciona uma precisão superior, eliminando as deformações elásticas induzidas pela suspensão das placas.
- **Recomendações para a indústria:** Adoção de métodos de medição que minimizem deformações e participação nas comissões de estudo para discussão da norma ISO 10545 - 2.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FAZIO, S. et al. **New instruments for determining dimensional characteristics of large size tiles.** QUALICER: World Congress on Ceramic Tile Quality, Castellón - Spain, p. 1-11, 2018.
- ORREGO, R. M. M.; GIACOMO, B. D.; ABACKERLI, A. J. **Fontes de Erros em Metrologia a Três Coordenadas: considerações gerais [periódico]** // Revista de Ciência & tecnologia. - São Paulo: Universidade Metodista de Piracicaba, dezembro de 2000. - Vol. 8. - pp. 43-56. - 16.
- ABNT NBR 10545-2: **Placas Cerâmicas - Parte 2: Determinação das características dimensionais e da superfície.** Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997.
- MENEZES, W. M.; LIRA, H. L.; NEVES, G. A. **Comportamento dimensional de revestimentos cerâmicos e suas implicações no assentamento.** Cerâmica Industrial, 13(2), 2008, p. 24-30.
- FARINA, A. B.; HÜBNER, J.; FREIRE, A. S. **Técnicas de medição em placas cerâmicas: revisão das normas internacionais.** Revista Cerâmica, 55(333), 2009, p. 56-64.



OBRIGADA!

Contato:

juliana.bonfim@ccb.org.br

(19) 997816889

9^o CONGRESSO
DA INDÚSTRIA
CERÂMICA DE
REVESTIMENTO



22, 23 e 24 | Outubro | 2024

Santa Gertrudes / SP