

DETECÇÃO DE TRINCAS EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS, UTILIZANDO O SOFTWARE AUDACITY®, BASEADO NA NORMA ASTM E 1876-97.

Filipy da Silva Matos¹

Elvys Isaias Mercado Curi²

Resumo: O melhor controle de qualidade do produto cerâmico evitaria altos índice de reclamações devido às quebras em revestimentos cerâmicos no pós-venda, os quais chegam na ordem de 45% do número de ocorrências. As quebras do revestimento são causadas por trincas internas ou devido à falta de cuidados no transporte. O presente trabalho estuda um método para detecção de trincas no processo produtivo, para reduzir este índice negativo das indústrias do ramo. O objetivo desta pesquisa é detectar as trincas internas e outras falhas de fabricação como borbulhas no interior ou distribuição não uniforme por meio da análise do módulo de elasticidade do material, usando a norma ASTM E 1876-97. A norma determina o módulo de elasticidade usando sinais de frequência natural, a massa e as dimensões do corpo analisado. No ensaio se utiliza dois apoios ao revestimento simulando duas correias pentagonais, um martelo esférico de tecnil, um microfone e um notebook para coleta e análise dos dados, sendo o Audacity® o *software* escolhido registro se som deste experimento, por ser de fácil manuseamento e gratuito. Com sinais de som e os gráficos foram caracterizadas interferências por trincas. Conclui-se então, que utilizando a norma ASTM E 1876-97 para realização do ensaio, é possível detectar as patologias no revestimento cerâmico, quando avaliado o gráfico voltado as frequências mais altas.

Palavras-Chave: Pós-venda, Trincas Internas, ASTM E 1876-97, Audacity®, Frequência.

1 INTRODUÇÃO

Com a crescente no mercado de revestimentos cerâmicos, onde cada vez mais adota-se a política de qualidade e feed back de produção, associado a capacidade e eficiência produtiva de uma unidade industrial, as empresas vêm buscando um custo de produção cada vez menor para se tornar mais competitiva diante ao mercado chinês e indiano, visto que com a globalização, estes estão dominando devido ao baixo custo de mão-de-obra e qualidade similar.

Atualmente um dos grandes problemas da indústria cerâmica são a grande quantidade de ocorrências devido às quebras, que representa em média 45% do total

¹ Graduando em Engenharia Mecânica. E-mail: filipy_sm14@hotmail.com

² Prof. Dr. Eng. Elvys Isaias Mercado Curi. E-mail: elvys.curi@satc.edu.br

de reclamações. Explanando este número, se encontra duas grandes vertentes causadoras deste indicador, que são: quebra de transporte e quebra devido às trincas internas. Este fator acaba influenciando financeiramente, pois geram um valor considerável ao fazer o ressarcimento do produto ao cliente, além de todo transtorno e até mesmo a perda do comprador dependendo do caso.

Algumas empresas utilizam uma técnica manual, deslocando um funcionário com um martelo de tecnil na linha de produção, onde ele com algumas batidas no revestimento e por meio do som destes, distingue o material bom do trincado, retirando-o do decorrer do processo. Porém esta técnica perde eficiência, pela questão ergonômica e auditiva do colaborador.

Visando a melhora no processo produtivo, o presente trabalho busca estudar um método para detecção das trincas nos materiais, utilizando um ensaio não-destrutivo em 100% dos produtos vendidos, buscando uma melhora dos indicadores de quebras no pós-venda.

O principal objetivo é definir as trincas em revestimentos cerâmicos, apoiando-se na norma ASTM E 1876-97, analisando o som e sua frequência natural, buscando no gráfico de cada peça, indicadores que comprovem a pesquisa realizada.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo o objetivo é apresentar os conceitos teóricos ao estudo, embasando-o para uma análise de trincas em materiais cerâmicos mais precisa.

2.1 REVESTIMENTOS CERÂMICOS

Segundo dados da ANFACER (Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos):

Brasil é um dos principais protagonistas no mercado mundial de revestimentos cerâmicos, ocupa a terceira posição em produção e consumo. Em 2018, foram produzidos 795 milhões de metros quadrados para uma capacidade instalada de 1.064 milhões de metros quadrados. As vendas totais no mercado interno atingiram 694,5 milhões de metros quadrados.

De acordo com Brito (2009), as cerâmicas tradicionais são produzidas a partir de três componentes básicos, argila, sílica e feldspato. O produto após a

sinterização (queima), é constituído de uma matriz vítrea, na qual partículas de mullita e as partículas de quartzo que não se dissolveram totalmente estão dispersas (SANCHEZ, 2001). Tais mudanças ocorridas no processo de queima (sinterização), englobam também características dimensionais variáveis das placas cerâmicas, tanto com relação as suas dimensões (variação de tamanho, de ortogonalidade, etc) quanto com relação a sua planicidade (curvaturas centrais, laterais e empeno).

Os revestimentos cerâmicos são classificados em função de seu acabamento superficial em esmaltados ou não esmaltados; pelo modo de conformação, em prensados, extrudados ou fabricados por outras técnicas; e ainda pelo grupo de absorção de água (AA), de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) por meio da Norma Brasileira NBR 13817.7

2.2 TRINCAS EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS

As trincas de revestimentos cerâmicos são decorrentes de n fatores presentes em todo o processo de produção até a queima, como se apresenta na Tab. 1.

Tabela 01 – Possíveis causas de trincas no processo de fabricação.

Fase do processo	Variável ou causa
Formulação da massa	- Excessiva proporção de quartzo e não-plásticos. - Diminuição da resistência mecânica: cru, seco, queimado
Preparação da massa	- Insuficiente moagem: pouca resistência mecânica. - Insuficiente umidade do pó atomizado: pouca resistência mecânica.
Prensagem	- Compactação muito diferente dentro da peça: diferenças de retração. - Insuficiente prensagem: insuficiente resistência mecânica. - Processo de desaeração deficiente depois do 1º golpe.
Secagem	- Fissuras nas bordas por secagem incorreta.
Esmaltação	- Excesso de água durante a esmaltação. - Movimentação violenta: golpes, etc. - Excesso de pressão ou apoio ruim das telas de serigrafia.
Queima	- Secagem brusca de água: trincas nas bordas. - Transformação alotrópica do quartzo alfa para beta a 670 Graus.

Fonte: Adaptado de MARTÍN, Fernando (2004).

A detecção de trincas no processo cerâmico como é realizado hoje em dia, se torna impossível analisar 100% do material classificado e expedido, pois depende unicamente de um profissional da área, como também afirma MARTÍN, Fernando (2004):

Um aspecto a se ter em conta é que a classificação ou inspeção final, além dos possíveis erros humanos que se cometem e que podem ser minimizados com uma verificação posterior do material classificado, está comprovando uma série de parâmetros e defeitos, mas há outros como a trinca, resistência mecânica, etc., que unicamente podem ser comprovados por amostragem, considerando-se que é impossível fazê-lo em 100% das peças. Para poder confiar na qualidade do produto final devemos ter todo o processo muito controlado de forma contínua para evitar que alterações pontuais em variáveis dêem origem a peças defeituosas que não são detectadas na classificação e controle final e que, portanto, vão ocasionar problemas ao cliente.

2.3 NORMA ASTM E 1876-97

As normas são utilizadas como parâmetros padronizadores de ensaios e métodos, como afirma CASSOLINO, Leiliane et all. (2010): No Brasil a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e nos Estados Unidos a ASTM (American Society for Testing and Materials), entre outras, são responsáveis pela padronização dos ensaios de materiais. Suas publicações são atualizadas anualmente e uma série de normas está relacionada à determinação dos módulos elásticos.

De acordo com item 1.1 da norma ASTM E 1876-97, este método de teste cobre a determinação das propriedades elásticas dinâmicas de materiais elásticos em temperatura ambiente. As amostras desses materiais possuem frequências ressonantes mecânicas específicas que são determinadas pelo módulo de elasticidade, massa e geometria da amostra de teste.

2.3.1 Vibração flexional de barras.

Conforme CASSOLINO, Leiliane et all. (2010), O modo flexional ou transversal de vibração é o mais complexo dos três modos em consideração em relação ao modo como a frequência de ressonância é afetada, não somente pelo comprimento e seção transversal, mas pela razão entre os dois.

Para determinação do ensaio, tratando da vibração flexional, os apoios têm que estar conforme Eq. 01.

$$n = 0,224L \quad (1)$$

Onde:

n = Posição do apoio (mm);

L = Comprimento da peça (mm).

Como afirma o item 7.2.2 da norma ASTM E 1876-97, um impulsor alternativo seria uma esfera de metal sólido, cerâmica ou polímero (0,1 a 1,0 cm de diâmetro) colocada na amostra através de um tubo guia para garantir a posição de impulso adequada.

Utilizando o nível de pressão sonora adquirido, é utilizado a Eq.2:

$$dB^2_{(x)} = 10^{\left(\frac{x}{10}\right)} \quad (2)$$

Onde:

x = valores do nível de pressão sonora (dB).

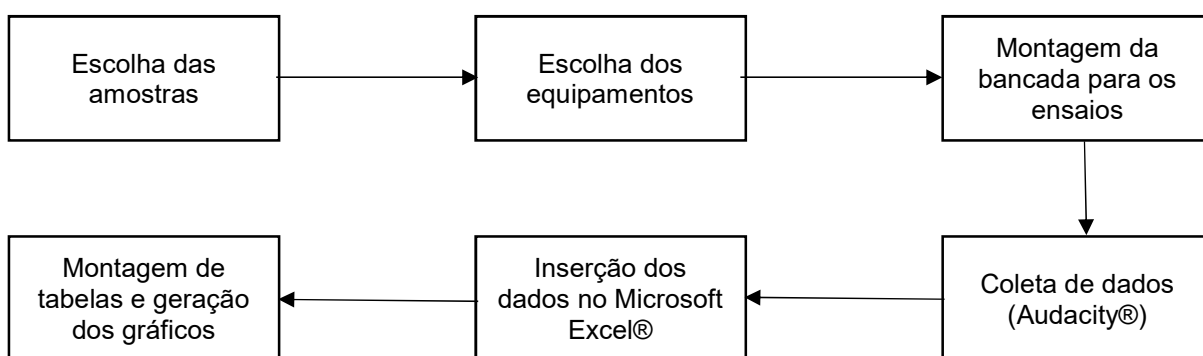
2.4 SOFTWARE AUDACITY®

Segundo NOCKO, Caio Manoel (2010), audacity é um software livre de edição digital de áudio disponível principalmente nas plataformas: Windows, Linux e Mac e ainda em outros Sistemas Operacionais. O código fonte do Audacity está sob a licença GNU General Public License. A sua interface gráfica foi produzida utilizando-se de bibliotecas do wxWidgets.

3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Nesta seção se apresenta o procedimento experimental do presente trabalho, visando mostrar de forma detalhada tudo que foi efetuado, baseando-se na revisão no Capítulo 2. Para representar os passos a serem efetuados, foi realizado um fluxograma disposto na Fig. 1 para uma melhor organização e execução do mesmo.

Figura 1 – Fluxograma das atividades experimentais.



Fonte: Do Autor (2020).

As etapas foram realizadas se baseando no procedimento de caracterização do módulo de elasticidade pelo método de vibração flexional de barras.

3.1 ESCOLHA DAS AMOSTRAS E DOS EQUIPAMENTOS

Para a execução do ensaio proposto, o trabalho foi efetuado em uma indústria cerâmica da região, onde nela foi coletada *in loco* algumas amostras de porcelanato de diferentes formatos, como demonstra a Tab. 2.

Tabela 02 – Especificações padrão das amostras.

Amostra (mm)	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Massa (kg)
590x590	590,00	590,00	9,60	7,56
590x1182	590,00	1182,00	10,70	17,63
800x800	800,00	800,00	10,00	14,53

Fonte: Do Autor (2020).

A Tab. 2 representa as medidas padrão indicado pelo fabricante do revestimento utilizado para a elaboração do artigo, estas informações se encontram na embalagem do material. Partindo disso, foram recolhidas 4 amostras de cada referência, sendo que uma delas continha algum defeito de fabricação. Nas Tab. 3, 4 e 5 estão dispostas as características de cada peça ensaiada.

Tabela 03 – Revestimento cerâmico com dimensões 590x590

Amostra	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Massa (kg)
1	590,10	589,90	9,60	7,56
2	589,90	590,00	9,58	7,54
3	590,00	590,10	9,62	7,58
4	589,05	590,05	9,61	7,55

Fonte: Do Autor (2020).

Tabela 04 – Revestimento cerâmico com dimensões 590x1182

Amostra	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Massa (kg)
1	1181,90	589,90	10,72	17,66
2	1182,10	590,00	10,68	17,59
3	1182,00	590,10	10,70	17,63
4	1181,85	590,00	10,71	17,64

Fonte: Do Autor (2020).

Tabela 05 – Revestimento cerâmico com dimensões 800x800

Amostra	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Massa (kg)
1	800,10	799,90	10,00	14,53
2	799,90	800,00	9,98	14,50
3	800,00	799,90	10,02	14,56
4	800,00	800,10	10,00	14,54

Fonte: Do Autor (2020).

Analisando as Tab. 3, 4 e 5, tem-se como as três primeiras amostras, materiais em perfeito estado, de classe “A” e as amostras de número 4 das Tab. 3 e

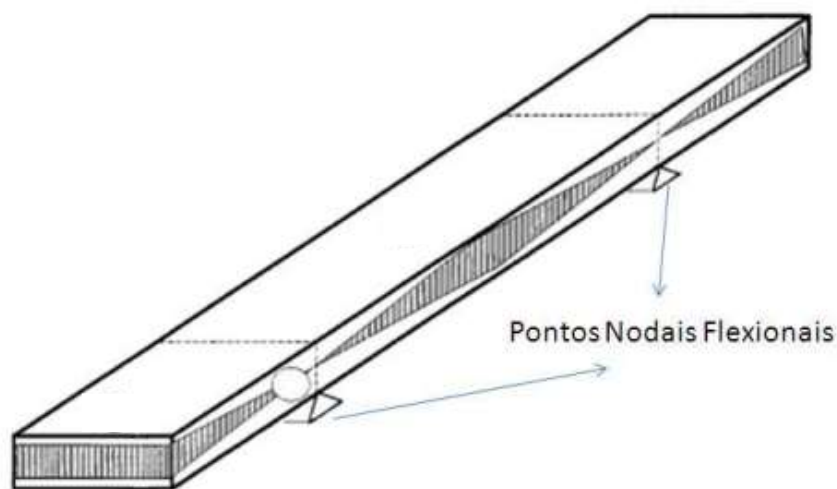
4 são materiais com trincas superficiais. Já da Tab. 5 o defeito trata-se de bolha de expansão.

Com a caracterização do material, buscou-se os equipamentos para execução dos ensaios, para isso foi necessário de uma bancada de testes, um microfone para coleta dos dados, um notebook com o Audacity® e o Microsoft Excel® instalados para coleta e análise dos dados.

3.2 BANCADA DE ENSAIO

A bancada foi montada simulando o apoio de duas correias, como utiliza-se numa linha de transporte na indústria de revestimentos cerâmicos, obedecendo a norma ASTM E 1876-97, determinando que o material seja bi apoiado a uma distância de $0,224*L$ (Tab. 6) da parte lateral externa da peça no sentido longitudinal, conforme Eq. 1. Estas especificações estão apoiadas no ensaio de vibração flexional de barras, este tem como resultados a frequência natural, se calcula o módulo de elasticidade. Os apoios do material necessitam desta distância, pois é onde se situam os nós de vibração, para não interferir nos resultados de frequência natural, como apresenta a Fig. 2.

Figura 02 – Barra retangular representando pontos nodais



Fonte: Adaptado CASSOLINO, Leiliane et all. (2010).

Tabela 06 – Distância dos apoios.

Amostra (mm)	Distância do ponto nodal (mm)
590x590	132,16
590x1182	264,77
800x800	179,20

Fonte: Do Autor (2020).

Como apresentado na Fig. 2, os pontos nodais são linhas onde a amplitude de vibração tende a zero, com isso, definiu-se os pontos dos apoios do material amostrado, como mostra a Tab. 5. A correia utilizada para o procedimento experimental foi a pentagonal, como ilustra a Fig. 3, onde o apoio da peça se situa no topo desta, obtendo um resultado mais preciso evitando interferência nas ondas resultantes do ensaio.

Figura 3 – Representação da correia utilizada



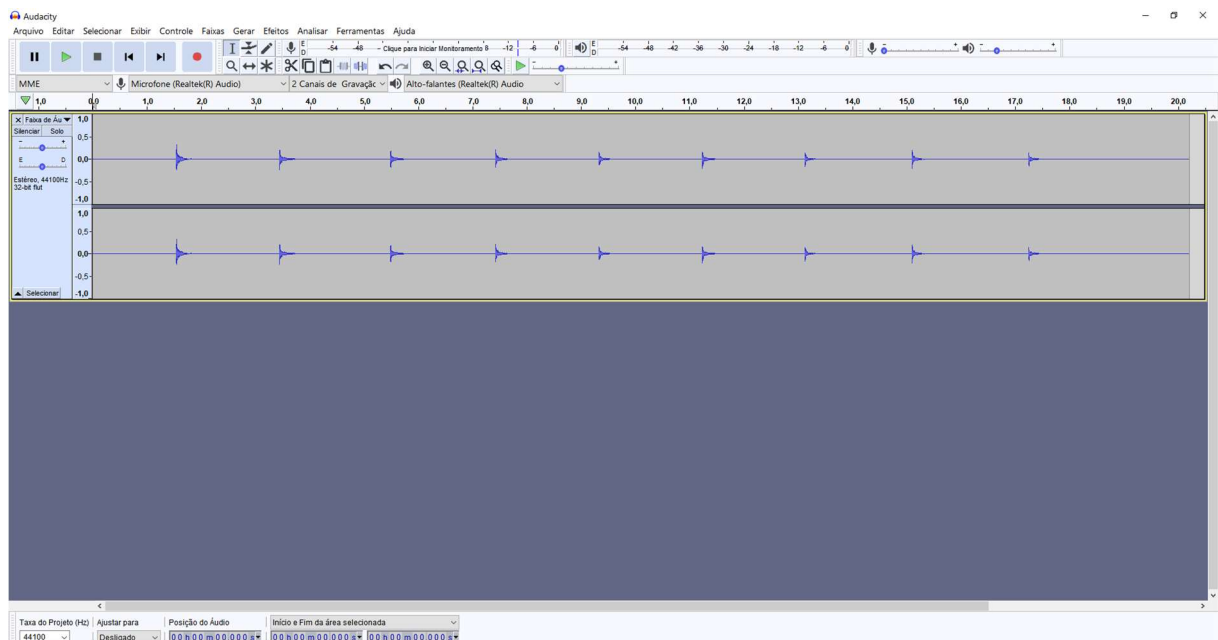
Fonte: Adaptado Ida Correias (2020)

Outros dois itens que compõe a bancada de ensaio são, um batedor de tecnil com cabeça esférica, garantindo que ao efetuar o impacto mecânico na peça, apenas um ponto do material seja atingido, emitindo um som sem interferências capturado pelo microfone, este situado no centro do revestimento, onde se encontra o ventre ou anti-nó (máximo de amplitude de vibração).

3.3 COLETA DE DADOS UTILIZANDO O SOFTWARE AUDACITY®

Com a bancada montada, o ensaio foi realizado utilizando o *software* Audacity® para coleta de dados. Com o revestimento cerâmico posicionado, respeitando as medidas apresentadas na Tab. 5, foi executada 5 batidas no centro de cada peça. A Fig. 4 mostra o resultado das ondas pelo impacto mecânico incitado.

Figura 4 – Resultado gerado no Audacity®

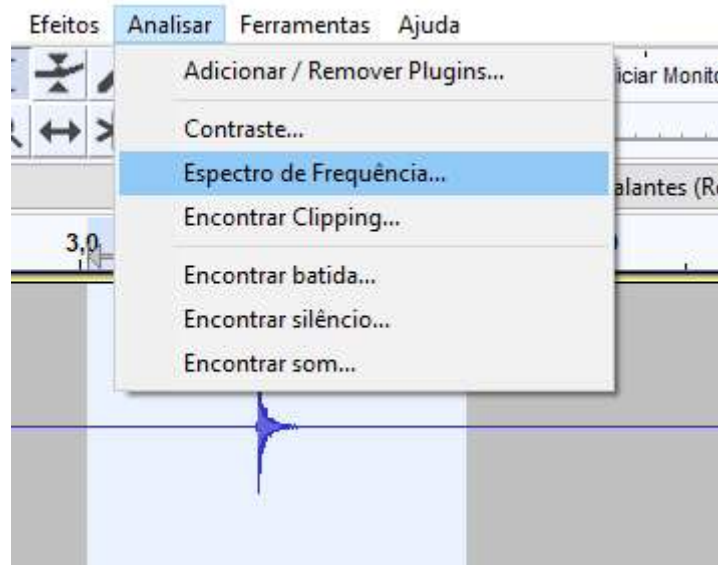


Fonte: Do Autor (2020)

Na próxima etapa será definindo um intervalo para avaliação de cada batida, logo após selecionar na parte superior da tela a ferramenta “Analisar” e “Espectro de frequência”, conforme demonstra Fig. 5. Com isto se obtém um gráfico, nele é escolhido as opções para analisar os dados, mostrado na Fig. 6.

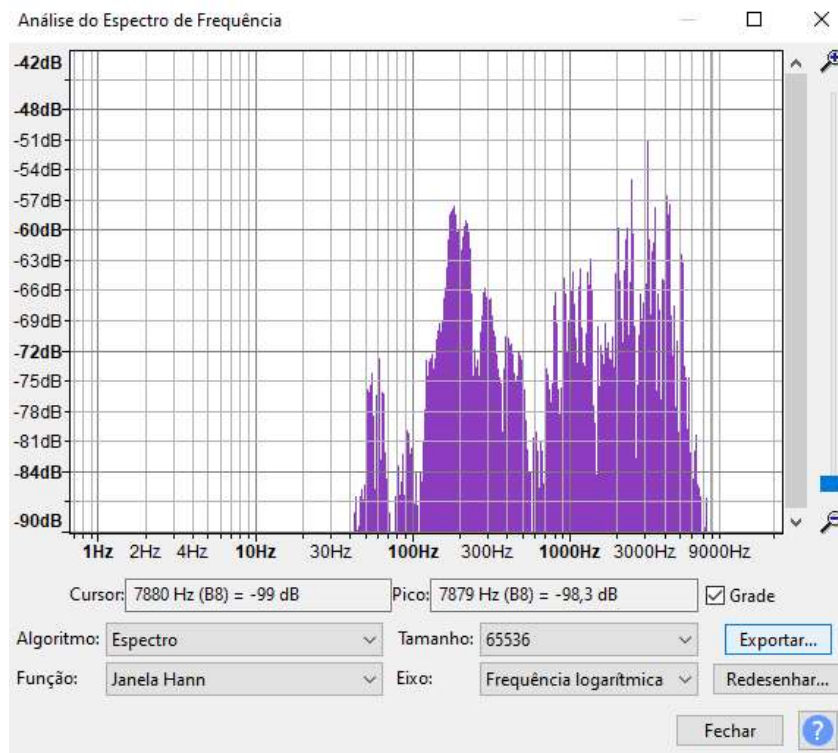
Os ensaios consistem na realização de apenas um teste para cada peça considerada de qualidade “A” (material com todos os padrões de qualidade) e duas vezes no material com trincas superficiais, para determinação de um padrão, eliminando a análise de interferência de ruídos.

Figura 5 – Análise do espectro.



Fonte: Do Autor (2020).

Figura 6 – Espectro de Frequência.



Fonte: Do Autor (2020).

3.4 ENTRADA DE DADOS E MONTAGEM DOS GRÁFICOS NO EXCEL®

Com os valores coletados provenientes dos ensaios gerados em artigos .txt no bloco de notas, estes foram inseridos para geração de gráficos no Excel®. Neles, o eixo “X” define a frequência e o eixo “Y” a pressão sonora ao quadrado conforme Eq. 2 e amplificada para uma melhor análise, como se observa na Fig. 7.

Figura 07 – Tabela representativa gerada no excel.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Frequência (Hz)	Nível (dB)	Nível (dB)	Nível (dB)	Nível (dB)					Média Peça 1
2	0,672913	-107,819221	-97,944717	-95,695602	-101,096565	2,72996E-10	2,57666E-08	7,25905E-08	6,03514E-09	2,61663E-08
3	1,345825	-107,676208	-98,876091	-95,985588	-101,94297	2,9158E-10	1,67796E-08	6,35159E-08	4,08701E-09	2,11685E-08
4	2,018738	-107,800484	-100,595787	-96,416855	-102,958313	2,75361E-10	7,60051E-09	5,2075E-08	2,56057E-09	1,56279E-08
5	2,69165	-104,586205	-100,126358	-96,626686	-105,995071	1,20993E-09	9,43471E-09	4,72784E-08	6,32391E-10	1,46389E-08
6	3,364563	-101,93367	-97,039635	-96,888069	-108,667168	4,10455E-09	3,90907E-08	4,19166E-08	1,84742E-10	2,13241E-08
7	4,037476	-103,181602	-95,592186	-95,383995	-108,083076	2,31036E-09	7,61312E-08	8,37917E-08	2,4176E-10	4,06188E-08
8	4,710388	-104,440575	-96,392181	-93,314484	-103,960487	1,29385E-09	5,26701E-08	2,17322E-07	1,614E-09	6,82249E-08
9	5,383301	-103,247345	-96,959808	-93,008049	-96,356285	2,24146E-09	4,05544E-08	2,50259E-07	5,3548E-08	8,66508E-08
10	6,056213	-103,442818	-96,289818	-92,308044	-91,581009	2,0485E-09	5,52124E-08	3,45455E-07	4,82834E-07	2,21388E-07
11	6,729126	-106,957069	-99,42852	-92,190742	-90,472977	4,06056E-10	1,30106E-08	3,64629E-07	8,04275E-07	2,9558E-07
12	7,402039	-99,804192	-101,032555	-93,609451	-92,955391	1,09436E-08	6,21569E-09	1,89719E-07	2,56402E-07	1,1582E-07
13	8,074951	-97,610184	-99,489601	-94,157188	-102,956573	3,00582E-08	1,26497E-08	1,47422E-07	2,56263E-09	4,81731E-08
14	8,747864	-97,463379	-97,305115	-93,675674	-100,214378	3,21606E-08	3,45921E-08	1,8402E-07	9,05992E-09	6,49582E-08
15	9,420776	-97,167824	-102,894081	-94,092308	-98,954651	3,68498E-08	2,63745E-09	1,51893E-07	1,61834E-08	5,1891E-08
16	10,093689	-96,346832	-101,10936	-92,311279	-107,782516	5,37816E-08	5,99968E-09	3,44941E-07	2,77649E-10	1,0125E-07
17	10,766602	-97,151917	-95,543564	-90,574593	-94,970154	3,71207E-08	7,78551E-08	7,67505E-07	1,01384E-07	2,45966E-07
18	11,439514	-96,493767	-94,141151	-90,072784	-89,19339	5,02628E-08	1,48515E-07	9,67037E-07	1,44985E-06	6,53915E-07
19	12,112427	-95,810486	-94,798744	-91,374222	-86,874039	6,88498E-08	1,09711E-07	5,31075E-07	4,21883E-06	1,23212E-06
20	12,785339	-93,524994	-93,563316	-90,626366	-86,280853	1,97243E-07	1,93792E-07	7,49423E-07	5,54408E-06	1,67113E-06
21	13,458252	-91,622887	-92,884232	-91,364914	-86,331177	4,73612E-07	2,64944E-07	5,33356E-07	5,41707E-06	1,67225E-06

Fonte: Do Autor (2020).

A Fig. 7 apresenta o modelo das tabelas com os valores anexados do Audacity® de todos ensaios aplicados para o presente trabalho. Esta etapa é de extrema importância para posterior geração de gráficos para análise da comprovação do método para definição da presença de trincas nos revestimentos cerâmicos.

Todo o procedimento experimental abordado neste capítulo foi repetido em todas as amostras coletadas para obtenção de um resultado mais concreto.

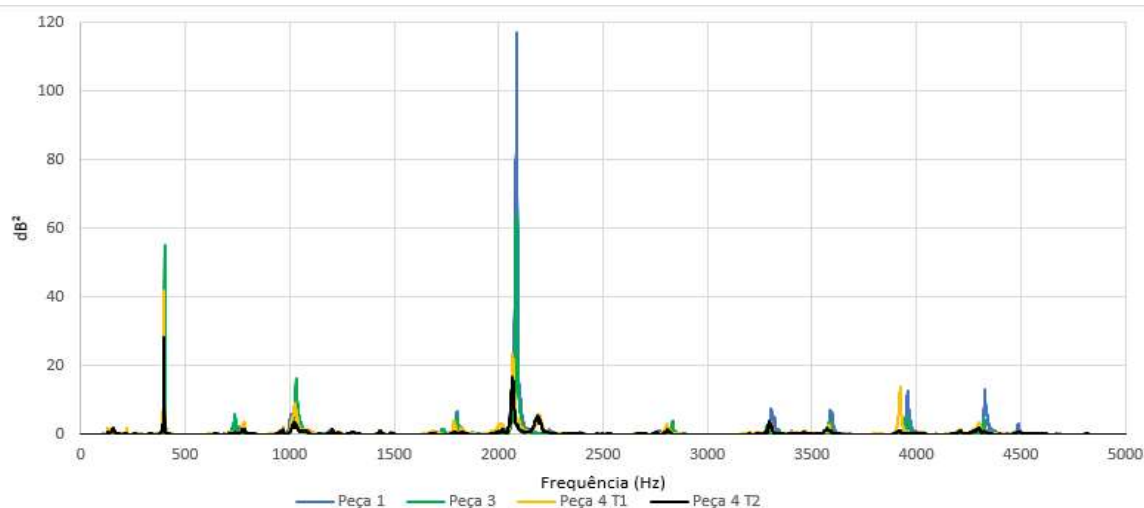
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste seção será apresentado e discutido os dados coletados pelo procedimento experimental efetuado no capítulo 3.

4.1 FREQUÊNCIA NATURAL 590X590

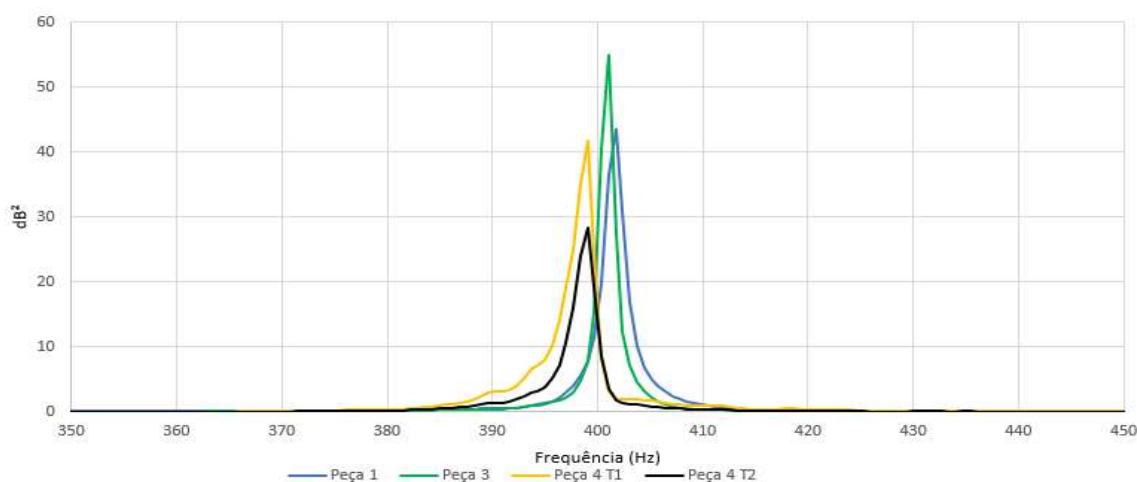
Os resultados da análise do comportamento do som em frequência dos valores médios dos ensaios das peças de 590x590 estão dispostas nas Fig. 8 e 9.

Figura 08 – Comportamento da onda.



Fonte: Do Autor (2020).

Figura 09 – Frequência natural.



Fonte: Do Autor (2020).

Com o fim do ensaio deste formato e análise dos dados, notou-se uma alta interferência externa da peça 2, retirada do gráfico para melhor esclarecimento dos dados.

A Tab. 7 apresenta os valores da frequência natural do valor médio de cada peça.

Tabela 07 – Frequência natural.

Peça	Frequência natural (Hz)
1	401,73
2	403,07
3	401,06
4 (T1)	399,04
4 (T2)	399,04

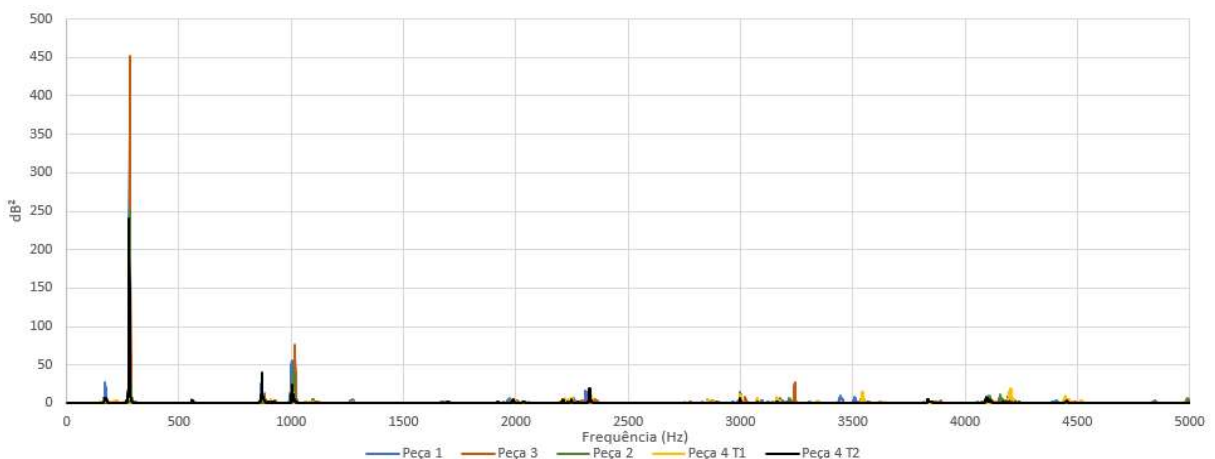
Fonte: Do Autor (2020).

Analisando a Tab. 7, nota-se que os valores de frequência têm variação máxima de 1,00%.

4.2 FREQUÊNCIA NATURAL 590X1182

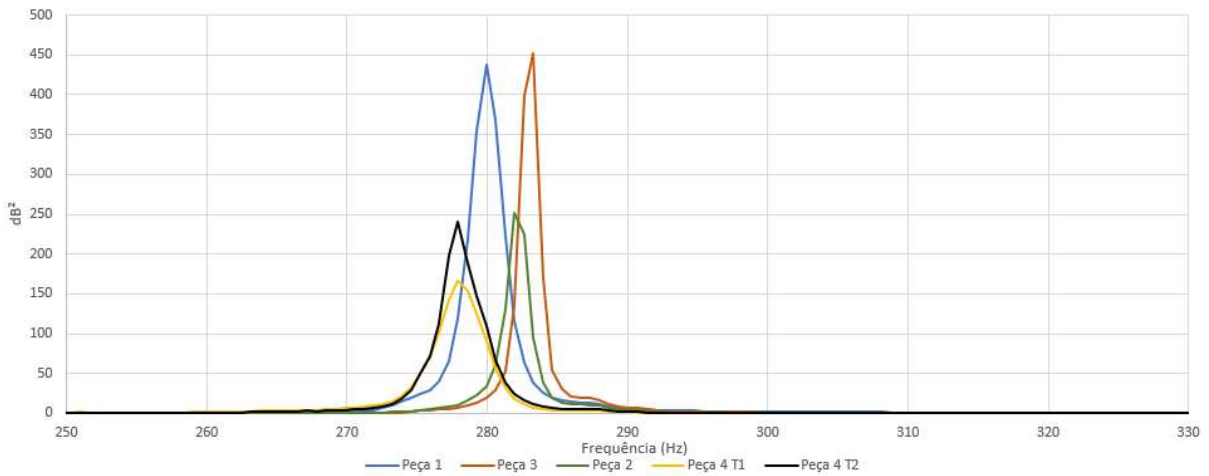
Os resultados da análise do comportamento da onda e da frequência natural dos valores médios dos ensaios das peças de 590x590 estão dispostas nas Fig. 10 e 11.

Figura 10 – Comportamento da onda.



Fonte: Do Autor (2020).

Figura 11 – Frequência natural 800x800.



Fonte: Do Autor (2020).

A Tab. 8 apresenta os valores da frequência natural do valor médio de cada peça. Foi observado uma pequena diferença entre as peças sem trinca e com trinca.

Tabela 08 – Frequência natural.

Peça	Frequência natural (Hz)
1	279,93
2	281,95
3	283,30
4 (T1)	277,91
4 (T2)	277,91

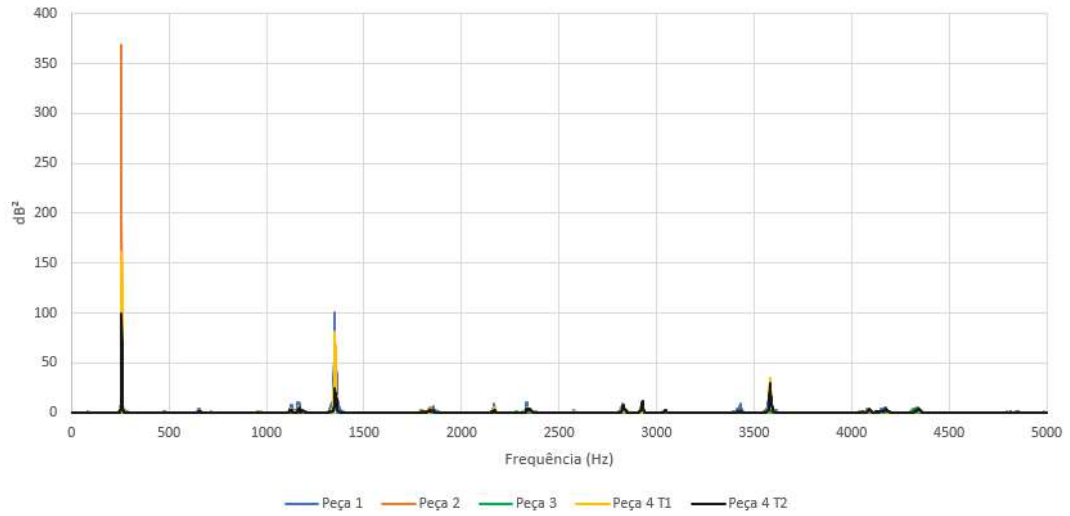
Fonte: Do Autor (2020).

Analisando a Tab. 8, nota-se que os valores de frequência têm variação máxima de 1,90% nas peças com trinca

4.3 FREQUÊNCIA NATURAL 800x800

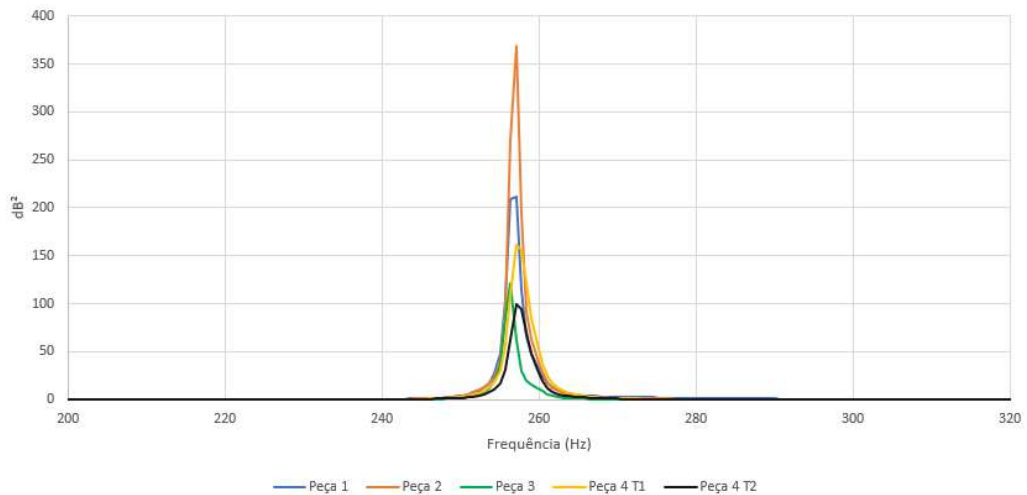
Os resultados da análise do comportamento da onda e da frequência natural dos valores médios dos ensaios das peças de 590x590 estão dispostas nas Fig. 12 e 13. Diferente dos dois formatos analisados anteriormente, o 800x800 não está avaliando uma trinca superficial, mas sim uma “bolha de expansão”, verificando a aplicabilidade neste tipo de defeito também, analisando puramente a frequência natural e suas ressonâncias.

Figura 12 – Comportamento da onda.



Fonte: Do Autor (2020).

Figura 13 – Frequência natural.



Fonte: Do Autor (2020).

A Tab. 9 apresenta os valores médio da frequência natural de cada peça.

Tabela 09 – Frequência natural.

Peça	Frequência natural (Hz)
1	257,05
2	257,05
3	256,38
4 (T1)	257,05
4 (T2)	257,05

Fonte: Do Autor (2020).

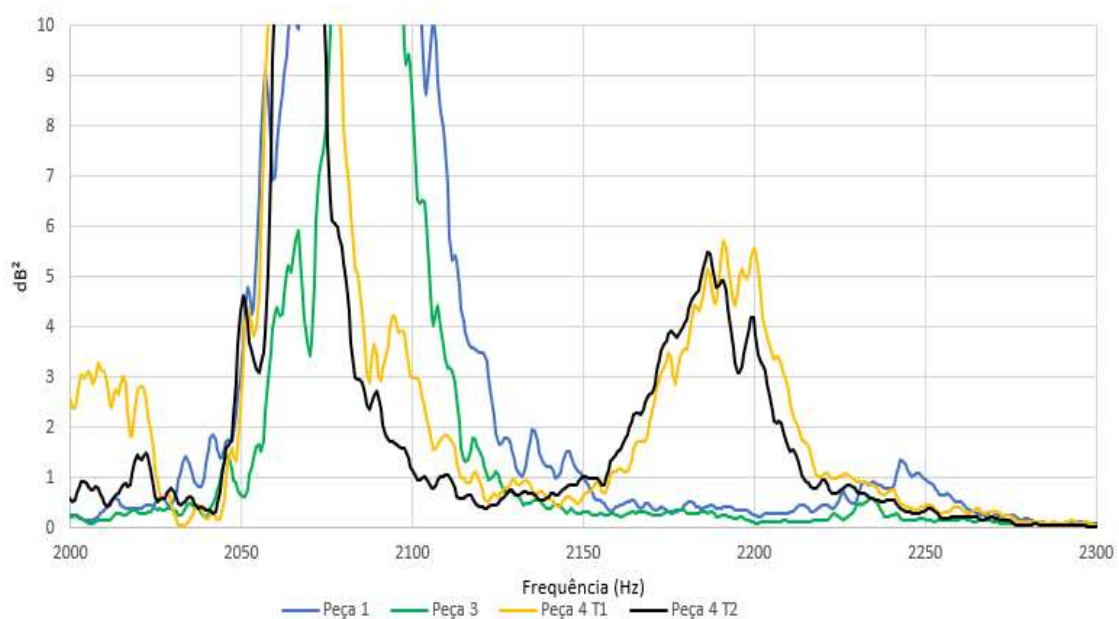
Analisando a Tab. 8, nota-se que os valores de frequência têm variação máxima de 0,26%. Nesta vez não ocorreu a leve diferença nos materiais cerâmicos com trinca.

4.4 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Com uma análise mais minuciosa, notou-se que as frequências naturais se mantêm dentro de uma amplitude máxima de 1,90%, onde inicialmente se imaginou uma diferença mais notável comparando peças trincadas com as de boa qualidade.

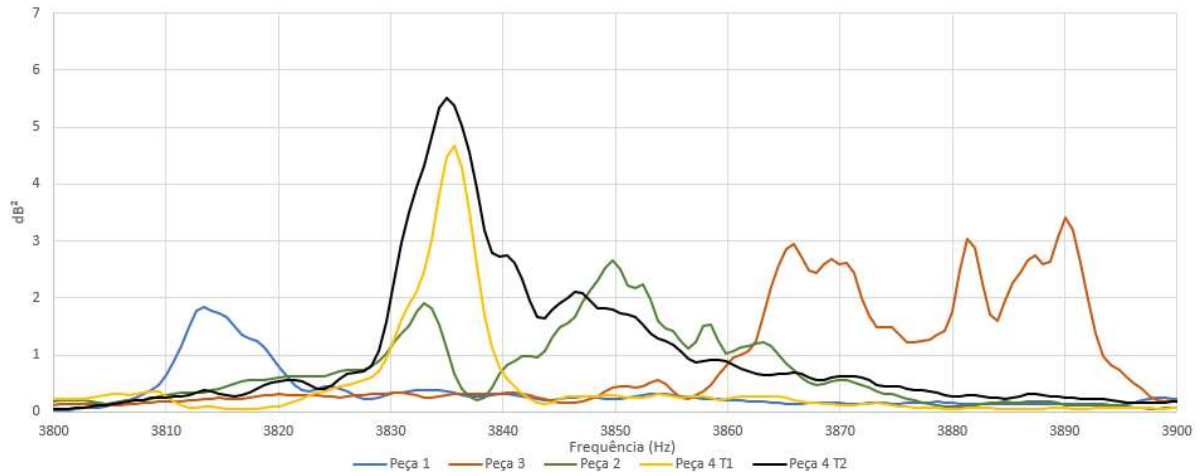
Partindo disto, foi verificado toda extensão dos gráficos observando os picos de amplitude, onde se percebeu que outros modos de vibrar geram amplitudes destacadas nos sinais de som. Devido a que os modos de vibrar tem sinais distintas entre as peças de mesmo formato e qualidades distintas, foram observadas as amplitudes em uma zona de frequência maiores ao primeiro modo de vibrar. Sinais sobrepostas e comparadas, de amplitude no domínio da frequência, são mostradas nas Fig. 14, 15 e 16. Nestas sinais se observa que os corpos de prova com trinca apresentaram pequenos picos adicionais apenas para os materiais com trinca.

Figura 14 – Análise do 590x590.



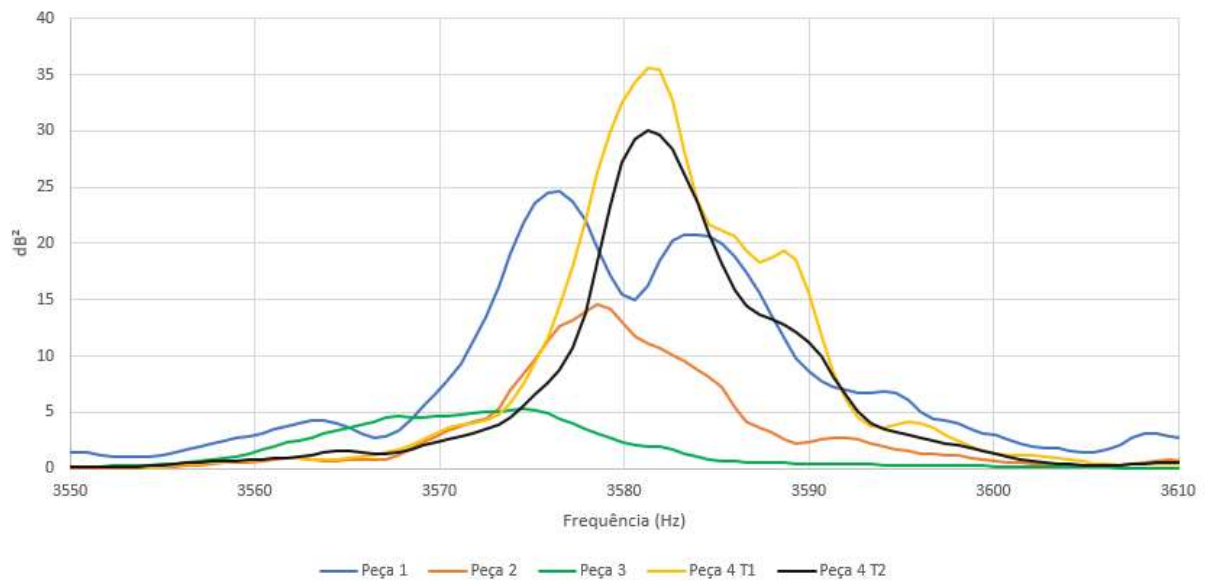
Fonte: Do Autor (2020).

Figura 15 – Análise do 590x1182.



Fonte: Do Autor (2020).

Figura 16 – Análise do 800x800.



Fonte: Do Autor (2020).

Percebe-se que quando analisado todo o gráfico, em alguns pontos em frequências mais altas, as peças trincadas possuem pontos de amplitudes padrão, tendo picos se distinguindo das peças boas, como apresentado nas Fig 14 e 15.

O material com bolha também contém diferenças, porém menos perceptíveis e com menos distinção dos materiais de boa qualidade, como demonstrado na Fig. 16.

5 CONCLUSÕES

Ao analisar os dados obtidos no experimento realizado é possível concluir que a frequência natural das peças, com defeito de trinca interna ou não, se mantém numa margem de erro de 1,90% entre as amplitudes máximas, não sendo possível caracterizar o defeito somente analisando este dado.

A obtenção do módulo de elasticidade para este cenário não é necessário, pois os materiais tem seu formato e massa similares, se distinguindo apenas pelas trincas internas, não sendo viável a obtenção e cálculo deste parâmetro comparativo.

A diferença notável se percebeu nas altas frequências, onde os materiais com defeitos (trinca e/ou bolha), apresentam ressonâncias devido a dois ou mais modos de vibrar, dependendo a cada análise dos materiais a serem ensaiados.

Conclui-se então com o término do trabalho, que utilizando a norma ASTM E 1876-97 para realização do ensaio, é possível detectar as trincas nos revestimentos cerâmicos, porém com o curto período de tempo e baixa quantidade de amostras, fica aberto a trabalhos futuros uma análise mais detalhada e robusta utilizando o mesmo processo.

REFERÊNCIAS

ANFACER. **Setor Cerâmico**. Disponível em: <<https://www.anafacer.org.br/brasil>>.

BRITO, J. F. Brito (2009), **Produção de Gres Porcelanato a partir Matérias-primas do Estado da Bahia**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Salvador, p. 18. Outubro. 2009.

CASSOLINO, Leiliane et all. **Módulos elásticos: visão geral e métodos de caracterização**. Informativo Técnico-Científico ITC-ME/ATCP; p. 30. Outubro. 2010.

MARTÍN, Fernando Lucas. **Processos Produtivos em Revestimentos Cerâmicos: Variáveis de Processo e Possíveis Causas de Defeitos**. Cerâmica Industrial, 9 (5/6) Setembro/Dezembro, 2004.

MASCIA, N.T. e MORAES, R.W. **Transformações de Coordenadas e Anisotropia**. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil - Departamento de Estruturas, 2009.

NOCKO, Caio Manoel. **Audacity Versão 1.3.5 Editor de Áudio Volume 2**. 2010. Disponível em: <<http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/tutoriais/audacity2.pdf>>. Acesso em: 02 Agost. 2020.

OLIVEIRA, Flora Lucirley Gomes de. **OS DESAFIOS DA ESCOLA PÚBLICA PARANAENSE NA PERSPECTIVA DO PROFESSOR PDE**. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2013/2013_unicentro_lem_artigo_flora_lucirley_gomes_de_oliveira.pdf. Acesso em: 10 Set.. 2020.

SILVA, Klaus Nogueira da. **EXPERIMENTOS EM ONDAS E ACÚSTICA PARA AUXILIAR O PROCESSO ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA NO ENSINO MÉDIO**. 2012. 188 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Ensino de Ciências Exatas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/5052/5122.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 Out. 2020.

SANCHEZ, E. et al. **Efeito da composição das matérias-primas empregadas na fabricação de grês porcelanato sobre as fases formadas durante a queima e as propriedades do produto final**. Revista Cerâmica Industrial, p. 15. Out. 2001.

Sociedade Americana de Testes e Materiais. **ASTM E 1876-97**. Método de teste padrão para módulo de Young Dinâmico, Módulo de Corte e de Poisson Razão por Excitação por Impulso de Vibração. 2005.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Prof. Dr. Eng. Elvys Isaias Mercado Curi, pela orientação deste estudo e todo apoio prestado perante as dificuldades encontradas. À minha família pelo incentivo e a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, principalmente ao aluno de engenharia mecânica Jackson Boava Marques e a minha noiva Letícia Medeiros de Oliveira.