

Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

Vinícius Campos Machado

**Influência da incorporação de cobertura metálica na
qualidade acústica do Teatro de Arena da UNICAMP.**

Campinas

2022

Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

Vinícius Campos Machado

**Influência da incorporação de cobertura metálica na
qualidade acústica do Teatro de Arena da UNICAMP.**

Trabalho Final de Curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do
título de **Bacharel em Engenharia
Civil** à Faculdade de Engenharia Civil,
Arquitetura e Urbanismo da
Universidade Estadual de Campinas.

Orientadora: Prof^a. Stelamaris Rolla Bertoli

Campinas

2022

**Influência da incorporação de cobertura metálica na qualidade
acústica do Teatro de Arena da UNICAMP.**

Vinícius Campos Machado

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Stelamaris Rolla Bertoli
Orientadora

Prof^a. Solange Liseglê Schulz Staut

Prof^o. Alexandre Virginelli Maiorino

Prof^a. Roberta Smiderle

Aprovado em 20/09/2022

Campinas
2022

RESUMO

A qualidade acústica de espaços abertos e fechados sempre foi importante ao longo da história. Destacam-se no Império Greco-romano os anfiteatros como o Coliseu, Anfiteatro de Pompéia, de Nimes, e os teatros cobertos como o Panteão. Na Idade Média podem-se citar a Capela Sistina e a Capela de Notre-Dame. No Brasil, há alguns exemplos mais recentes de espaços com necessidades acústicas específicas como a Sala de São Paulo, o Teatro Municipal de São Paulo e no Rio de Janeiro, o Teatro Municipal, a Sala Cecília Meireles e a Cidade das Artes Bibi Ferreira. Na Região Metropolitana de Campinas, nos dias de hoje podem-se encontrar alguns exemplos de espaços abertos e fechados onde a qualidade acústica é necessária, como a Concha Acústica do Parque Taquaral e o Teatro Municipal de Paulínia. Entender a qualidade acústica do espaço se faz necessário para proporcionar eventos culturais, como shows, palestras, peças teatrais, torneios esportivos, entre outros. O campus da Unicamp tem um teatro de arena que serve para algumas atividades teatrais e de música, que já foi objeto de estudo de pesquisadores da universidade. Recentemente, o Teatro de Arena recebeu uma cobertura. O foco deste documento é comparar os parâmetros acústicos do Teatro de Arena antes e depois da implantação da cobertura. Para isso, foram feitas medições dos parâmetros acústicos: tempo de reverberação, índice de clareza, tempo inicial de decaimento, definição e o índice de transmissão da fala empregando o programa Dirac. As medições foram conduzidas segundo as recomendações da norma ABNT NBR ISO 3382-1:2017. Complementar as medidas dos parâmetros acústicos citados foram também efetuadas medições do som residual do ambiente. Os resultados dos parâmetros acústicos obtidos foram comparados com os resultados das medições no Teatro de Arena sem cobertura para verificar a influência da cobertura na qualidade acústica do espaço. A comparação indicou diferença significativa nos parâmetros acústicos devido a incorporação da cobertura do Teatro de Arena.

Palavras-chave: Teatro de Arena, qualidade acústica do som, cobertura metálica, espaços abertos, parâmetros acústicos.

ABSTRACT

The acoustic quality of open and closed spaces has always been important throughout history. Standing out in the Greco-Roman Empire are the amphitheaters such as the Coliseum, the Amphitheater of Pompeii, Nîmes, and the covered theaters such as the Pantheon. In the Middle Ages one can mention the Sistine Chapel and the Chapel of Notre-Dame. In Brazil, there are some more recent examples of spaces with specific acoustic needs such as Sala de São Paulo, Teatro Municipal de São Paulo and in Rio de Janeiro, Teatro Municipal, Sala Cecília Meireles and Cidade das Artes Bibi Ferreira. In the Metropolitan Region of Campinas, nowadays, one can find some examples of open and closed spaces where acoustic quality is necessary, such as the Concha Acústica of Parque Taquaral and the Teatro Municipal de Paulínia. Understanding the acoustic quality of the space is necessary to provide cultural events, such as concerts, lectures, plays, sports tournaments, among others. The Unicamp campus has an arena theater that serves for some theatrical and music activities, which has already been the object of study by a researcher at the university. Recently, Teatro de Arena received a roof. The focus of this document is to compare the acoustic parameters of Teatro de Arena before and after the implementation of the roof. For this, measurements of acoustic parameters were made: reverberation time, clarity index, initial decay time, definition and speech intelligibility index using the Dirac program. Measurements were conducted according to the recommendations of the ABNT NBR ISO 3382-1:2017 standard. Complementing the measures of the aforementioned acoustic parameters, measurements of the residual sound of the environment were also carried out. The results of the acoustic parameters received were compared with the results of measurements in the Teatro de Arena without a roof to verify the influence of the roof on the acoustic quality of the space. The comparison indicated a significant difference in the acoustic parameters due to the incorporation of the coverage of the Teatro de Arena.

Keywords: Teatro de Arena, acoustic sound quality, metal roof, open spaces, acoustic parameters.

Sumário

1. Introdução	6
2. Objetivo	8
3. Fundamentos teóricos	8
3.1. Som Residual	8
3.2. Tempo de Reverberação	9
3.3. Tempo Inicial de Decaimento	10
3.4. Índice de Clareza	10
3.5. Definição	11
3.6. Índice de Transmissão da Fala	11
4. Metodologia	12
5. Resultados e discussões	15
5.1. Modelo 3D em Sketchup	15
5.2. Medição acústica no Teatro de Arena da Unicamp	16
5.2.1. Som Residual	16
5.2.2. Índice de Transmissão da Fala (STI)	17
5.2.2.1. Análise de dados	17
5.2.2.2. Comparação	17
5.2.3. Tempo de Reverberação (TR)	18
5.2.3.1. Análise de dados	18
5.2.3.2. Comparação	20
5.2.4. Tempo Inicial de Decaimento (EDT)	24
5.2.4.1. Análise de dados	24
5.2.4.2. Comparação	26
5.2.5. Índice de Clareza (C80)	29
5.2.5.1. Análise de dados	29
5.2.5.2. Comparação	32
5.2.6. Definição (D50)	35
5.2.6.1. Análise de dados	35
5.2.6.2. Comparação	38
6. Conclusões	41
7. Referências bibliográficas	41

1. Introdução

A palavra teatro, cuja origem etimológica provém do grego *theatron*, significa “local onde se vê”. Os teatros surgiram no século VI a.C. na Grécia Antiga a fim de cultuar a divindade de Dionísio, deus grego do vinho, vegetação e fertilidade. Tais rituais tinham um caráter hedonista e produziam festas com máscaras e fantasias com presença de canções líricas. Porém, as primeiras apresentações teatrais surgiram antes dos teatros ocorrendo em praças públicas como a Ágora de Atenas. Os teatros começaram sendo estruturas a céu aberto chamados também de anfiteatros, situados nas inclinações das encostas pois havia melhor conforto acústico. Até o ano IV a.C. os assentos eram feitos de madeira e, após esse período, passaram a ser feitos de pedra. Eram compostos por uma arquibancada onde a plateia sentava, e no centro desta uma área circular chamada orquestra onde ficava o coro, havia também a *thymele*, altar para oferecer sacrifícios e adereços a Dionísio. O *skenê*, outra parte importante desses espaços situava-se atrás da orquestra e servia de cenário e camarim para os atores. O *proscenium* era onde os atores interpretavam seus personagens e ficava em frente ao *skenê*. Alguns dos teatros mais famosos da Grécia Antiga foram o Teatro de Delfos, de Dionísio e o Odeon de Herodes Ático (BROCKETT, 2003).

No Império Romano, a cultura artística continuou a ser muito valorizada e incentivada. Foi na Roma Antiga onde surgiram os primeiros teatros com cobertura fechada usados para encenações de peças greco-romanas e foram construídos mais anfiteatros que passaram a ser usados para as olimpíadas, lutas entre gladiadores e encenações dos conflitos marítimos. No Império de Júlio César, surgiu um grande nome, *Marcus Vitruvius Pollio*, arquiteto romano e engenheiro militar. Vitruvius concebeu um tratado que dita modelos de arquitetura a serem seguidos na época que até hoje são ainda usados, chamado Tratado de Arquitetura. Nesta obra, ele diz que o teatro precisa ter um palco composto por duas fileiras de colunas, orquestra formada por um semicírculo, cávea também semicircular onde sentava a plateia dividida em estratos (camadas), ádito que eram os corredores das laterais que dão acesso à orquestra, vomitórios com formas abobadadas que eram as entradas para a cávea, pórtico que era um pátio com colunas detrás do palco e, por último, o prosênio que era onde se desenvolvia a drama. Outra curiosidade sobre Vitruvius é que foi o criador dos modelos de entablamentos greco-romanos: dórica, coríntio, jônica e compósito (VITRÚVIO, I a.C.). Os teatros podiam ter

cobertura ou serem abertos. Alguns exemplos famosos de teatros construídos no período romano foram: Teatro de Marcelo, de Balbo, de Pompeu e de Óstia.

Na Idade Média, a cultura artística sofreu um declínio com a queda do Império Romano. Apenas apresentações religiosas eram realizadas nos teatros e igrejas, pois as peças que não tinham esse cunho eram consideradas pecaminosas. Porém, com o início da Renascença os hábitos greco-romanos foram retomados junto com a valorização do homem, da ciência, da matemática e da arte. Os teatros voltaram a receber peças diversas e serem espaços para a divulgação de ideias novas e conceitos diferentes dos da Antiguidade. O hedonismo, o perfeccionismo, o cientificismo, o naturalismo e o mercantilismo foram muito marcantes na Idade Moderna. Esses fatores moldaram a sociedade e, por conseguinte, também a arquitetura (DURANT, 1994).

Nos dias atuais, a prática de ir a teatros e eventos culturais se perpetuou e, com isso, se faz necessário um estudo da qualidade acústica desses espaços. No Brasil, pode-se citar o Teatro Municipal de São Paulo como exemplo de um espaço que precisa de um bom desempenho acústico para as atividades que nele ocorrem. Houve uma restauração de 2009 a 2011 nessa edificação que a levou a ganhar o título de melhor casa de concertos da cidade em 2013¹. Além da manutenção de algumas questões estruturais e arquitetônicas, também foram feitas modificações com fins acústicos no seu interior. Desse modo, as paredes da sala de espetáculos foram inclinadas para melhorar o retorno sonoro ao palco, o fosso da orquestra recebeu um tratamento acústico, foram implementadas portas acústicas e sistemas novos de vídeo e sonorização.

No Parque Taquaral em Campinas, há um anfiteatro contemporâneo com uma concha acústica instalada para melhor atender às necessidades das atividades desenvolvidas no local. Foi realizado um estudo sobre esse espaço em que foram medidos o tempo de reverberação, tempo inicial de decaimento, e índice de clareza (LEITE et. all, 2017).

O Teatro Municipal de Paulínia considerado um espaço de múltiplo uso foi estudado acusticamente por Maiorino (2013). Os resultados obtidos foram que a concha orquestral na área da plateia desse teatro de múltiplo uso muda seu desempenho acústico.

O Teatro de Arena da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) é uma estrutura aberta para a realização de eventos culturais, acadêmicos e políticos que recebeu

¹ <https://psd-sp.org.br/saopaulo/theatro-municipal-e-a-melhor-casa-de-concertos-de-sao-paulo/>

no ano de 2021 uma cobertura metálica. Como já existia um estudo acústico desse espaço (ISSAMO, 2017) antes da cobertura, essa alteração do espaço motivou o desenvolvimento dessa pesquisa.

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é estudar a influência da construção de cobertura metálica na qualidade acústica do Teatro de Arena da UNICAMP por meio da comparação de parâmetros acústicos com e sem cobertura.

3. Fundamentos teóricos

Com o avanço da ciência e tecnologia no século XX, o estudo de acústica foi se ampliando e se desenvolvendo cada vez mais e, por conseguinte, ganhando normas técnicas, incorporando equipamentos de medição mais precisos e novos conhecimentos adquiridos. A propagação do som no meio e de como ela é recebida pelos ouvidos humanos passou a ser descrita matematicamente. Desse modo, surgiram as normas para padronizar métodos de ensaios, definições e qualificações do som a fim de promover uma melhor compreensão e controle desta ciência. Nesse sentido, alguns parâmetros acústicos foram definidos e começaram a ser analisados a fim de melhor atender aos projetos de acústica. Neste tópico serão citados alguns destes parâmetros.

3.1. Som Residual

O som residual é o som proveniente de meios externos ao ensaio realizado numa determinada posição e num determinado momento (NBR 16313, 2014). Caracterizado por interferir na inteligibilidade da fala ou música do ambiente. O som residual é obtido pela medição no nível de pressão sonora equivalente (L_{eq}) empregando um medidor de nível de pressão sonora ou sonômetro e quando necessário pode-se identificar o nível de pressão máximo ($L_{máx}$) do período de medição.

3.2. Tempo de Reverberação

Segundo a norma ISO 3382-1:2017, o tempo de reverberação é o período necessário para que a média espacial da densidade da energia sonora decaia em 60dB ao desativar a fonte sonora. Este parâmetro depende de alguns fatores, sendo eles: o volume do ambiente e da absorção sonora dos materiais que compõem esse ambiente.

A fórmula matemática que calcula o tempo de reverberação é dada pela Equação 1 (ISO 3382-1, 2017):

$$T_R = 0,161 \frac{V}{A} \quad \text{Equação 1.}$$

Onde,

T_R é o tempo de reverberação;

V é o volume do ambiente interno;

A é a área de absorção média.

A área de absorção média pode ser calculada pela fórmula matemática dada pela Equação 2 (ISO 3382-1, 2017):

$$A = \sum S_i \alpha_i + \sum a_i + xV \quad \text{Equação 2.}$$

Onde,

α_i é o coeficiente de absorção sonora da superfície;

a_i é o coeficiente de absorção sonora dos objetos;

x é o coeficiente de absorção sonora do ar.

Determinado o tempo de reverberação de um ambiente, é necessário ter um critério do que é considerado adequado para o espaço. A norma NBR 12179:1992 apresenta um gráfico de tempo de reverberação em função de volume do ambiente para diversos usos, na frequência de 500Hz (tempo ótimo de reverberação). A Figura 1 ilustra o gráfico apresentado na norma NBR 12179:1992.

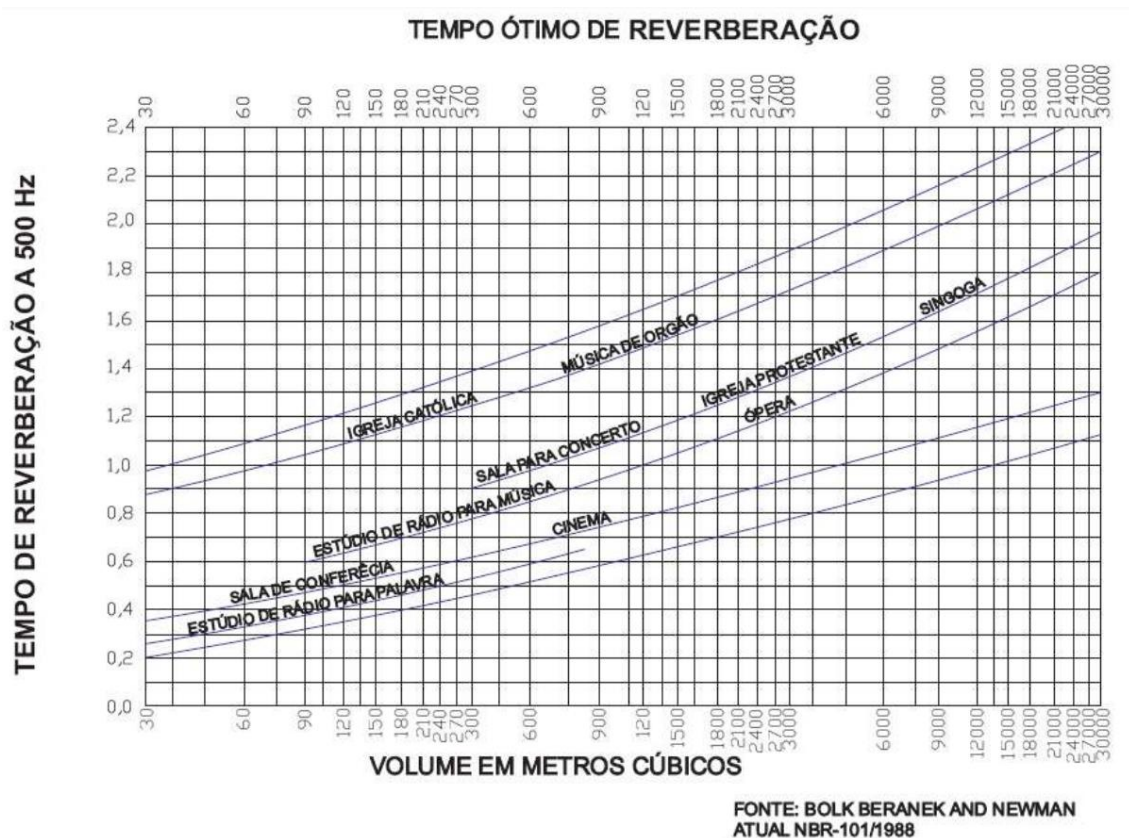


Figura 1 - Tempo de reverberação em 500Hz em função do volume do ambiente.

Fonte: ABNT NBR 12179:1992.

3.3. Tempo Inicial de Decaimento

O tempo inicial de decaimento (EDT) é o tempo em que o nível de pressão sonora leva para diminuir 10dB ao cessar a fonte sonora e é multiplicado por 6 a fim de ser comparado ao tempo de reverberação. Este parâmetro é importante, por exemplo, para o caso de atividades musicais e indica a sensação de reverberação. A música é dinâmica e tem que estar em sintonia com o meio a todo momento (MAIORINO, 2013).

3.4. Índice de Clareza

O índice de clareza (C_{80}) é o quanto se consegue distinguir um som de outro. Este parâmetro é usado para avaliar a qualidade acústica do espaço para atividades musicais. É uma comparação de energias, onde a energia inicial é medida até 80ms e a energia reverberante após 80ms até o fim da emissão da energia do som. É um parâmetro que dá subjetivamente a sensação de diferença entre dois sons, portanto indica a clareza dos sons

emitidos. O cálculo desse parâmetro se faz como descrito na Equação 3 (ISO 3382-1, 2017).

$$C_{80} = 10 \log \frac{\int_0^{80} p^2(t) dt}{\int_{80}^{\infty} p^2(t) dt} \quad (dB) \quad \text{Equação 3.}$$

Onde,

C_{80} é o índice de clareza;

$p(t)$ é a pressão sonora instantânea da resposta impulsiva (NBR 3382-1:2017).

3.5. Definição

A definição de uma sala é uma função que envolve o padrão de reflexão de suas superfícies, as dimensões da sala e a distância entre o emissor e o receptor (FIGUEIREDO, 2005). Segundo a norma ISO 3382-1:2017, o parâmetro acústico definição (D_{50}) está diretamente relacionado à definição da fala. Porém, a definição é medida com a energia inicial até 50ms e a energia reverberante após 50ms como está descrito na Equação 4. Este índice é usado para o contexto da fala, diferentemente da clareza que é usado para a música. A definição se relaciona com o C_{50} como expresso na Equação 5.

$$D_{50} = \frac{\int_0^{50} p^2(t) dt}{\int_0^{\infty} p^2(t) dt} \quad \text{Equação 4.}$$

$$C_{50} = 10 \log \left(\frac{D_{50}}{1-D_{50}} \right) \quad (dB) \quad \text{Equação 5.}$$

Onde,

$p(t)$ é a pressão sonora instantânea da resposta impulsiva;

C_{50} é o índice de clareza da fala com tempo inicial 50ms;

D_{50} é a definição.

3.6. Índice de Transmissão da Fala

O índice de transmissão da fala (STI) é a qualidade de transmissão da mensagem do emissor para o ouvinte. Esse parâmetro é importante para a compreensão linguística e é influenciada pelo nível da fala, o ruído de fundo e a reverberação. Cada um desses

fatores depende da distância entre a fonte sonora e o receptor, pois o nível do ruído de fundo, dos sons diretos e refletidos variam ao longo da sala. É diretamente proporcional à relação entre a intensidade da fala e a distância entre a fonte e o ouvinte. Uma boa transmissão da fala necessita de pouca intensidade de fala para a compreensão linguística (GONÇALVES et. all, 2009).

4. Metodologia

As etapas que compreenderam o desenvolvimento do trabalho foram: levantamento da planta e corte do Teatro de Arena, estudo da pesquisa realizada no Teatro de Arena antes da implementação da cobertura, realização das medições acústicas no teatro com a cobertura, análise dos resultados e comparação com os resultados dos parâmetros acústicos antes e depois da colocação da cobertura.

A etapa de medições acústicas consistiu em realizar medições para obter os parâmetros acústicos Tempo de Reverberação (T_R), Tempo Inicial de Decaimento (EDT), Índice de Clareza (C_{80}), Definição (D_{50}) e Índice de transmissão da Fala (STI) do Teatro de Arena da Unicamp na condição atual com a implementação da cobertura metálica. A técnica usada para a obtenção dos parâmetros acústicos foi a técnica da resposta impulsiva e o procedimento de medição empregado foi o recomendado na norma ABNT NBR ISO 3382-1:2017. Foi empregado o software de medição acústica de salas Dirac da Briel&Kjaer. Os pontos de posição de fonte sonora e de receptores adotados foram os mesmos do estudo anterior (ISSAMO, 2017) realizado no Teatro de Arena sem a cobertura metálica para fins de comparação. O sistema de medição é composto por um computador (ACER), onde o software Dirac 6 está instalado, uma placa de áudio (PreSonus, Audiobox 44VSL), um microfone (Behringer ECM 8000), um amplificador (Briel&Kjaer 2734), uma fonte sonora omnidirecional (Type 4296 da Briel & Kjaer) e um medidor de pressão sonora (Bk 2238 da Briel & Kjaer).

As Figuras 2 e 3 apresentam a planta e o corte do Teatro de Arena, respectivamente, e foram fornecidos pela Coordenadoria de Projetos da Unicamp.

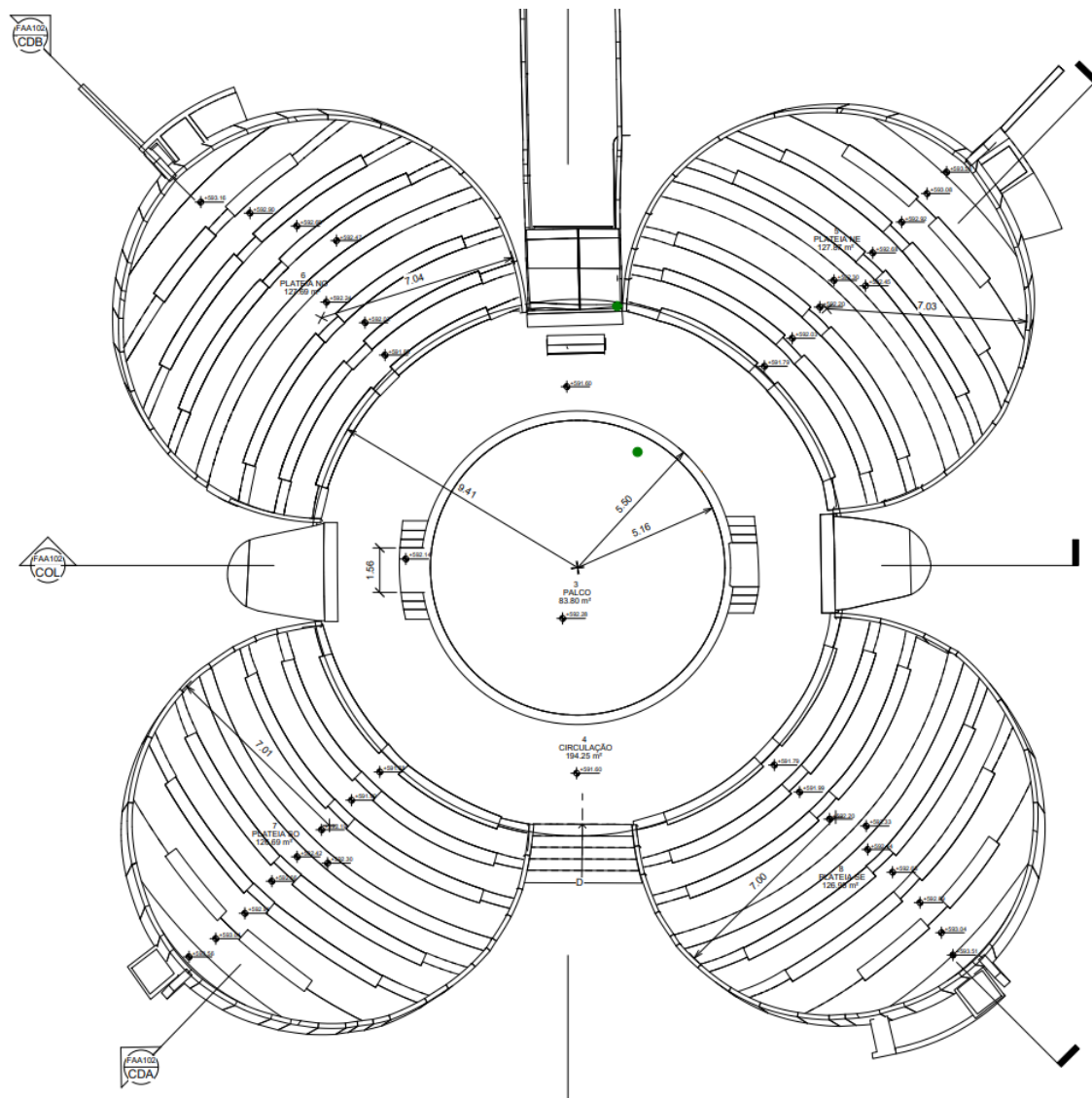


Figura 2: Planta baixa do Teatro de Arena da Unicamp.

Fonte: Coordenadoria de Projetos da Unicamp.

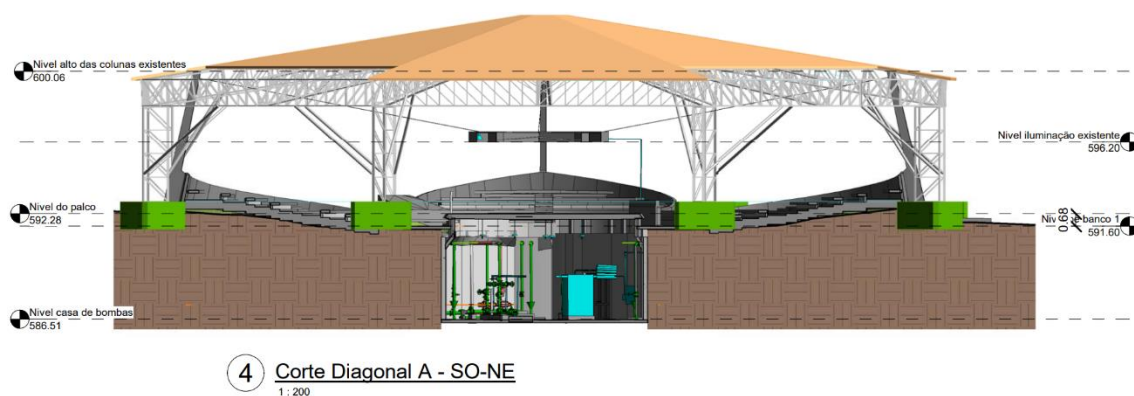


Figura 3: Corte A (SO-NE) do Teatro de Arena da Unicamp.

Fonte: Coordenadoria de Projetos da Unicamp.

O agendamento do uso do espaço do Teatro de Arena para a realização das medições acústicas foi previamente autorizado pela Prefeitura da Unicamp para o dia 14 de outubro de 2022. Nesta etapa foram medidos o Tempo de Reverberação (T_R), Tempo Inicial de Decaimento (EDT), Transmissão da Fala (STI), Índice de Clareza (C_{80}), Definição (D50) e o nível de ruído de fundo. Os pontos de fonte e receptor utilizados na medição acústica foram os mesmos pontos empregados na pesquisa de Issamo (2017) para poder analisar o que mudou acusticamente com a implementação da cobertura metálica. Para as medições dos parâmetros acústicos foram utilizados dezesseis pontos receptores e duas posições de fonte sonora que estão indicados na planta baixa da Figura 4.

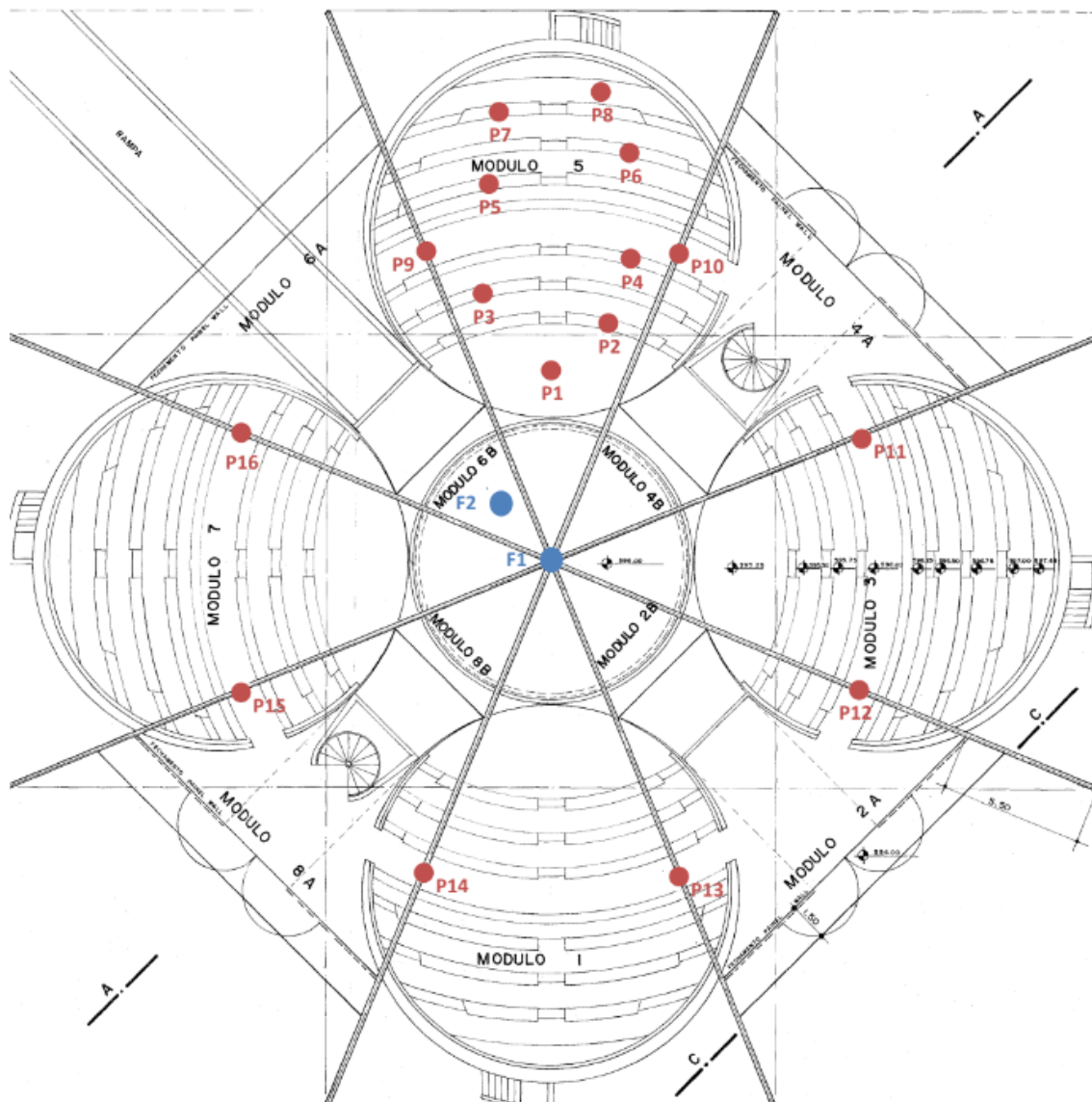


Figura 4: Pontos de medição no Teatro de Arena da Unicamp (ISSAMO, 2017).

5. Resultados e discussões

Este tópico foi dividido em etapas de apresentação sendo: o modelo 3D, a medição geral, resultados do som residual e dos parâmetros acústicos. Dentro do item de cada parâmetro acústico foi feita a análise dos resultados com o Teatro coberto e a comparação entre os resultados do Teatro com e sem a cobertura.

5.1. Modelo 3D em Sketchup

O modelo 3D produzido no software Sketchup serviu para a visualização e planejamento do local de estudo e estão apresentados nas Figuras 5 e 6. O modelo foi elaborado com base nas plantas e cortes adquiridos pela empresa responsável pela reforma e pela Prefeitura do campus da UNICAMP.

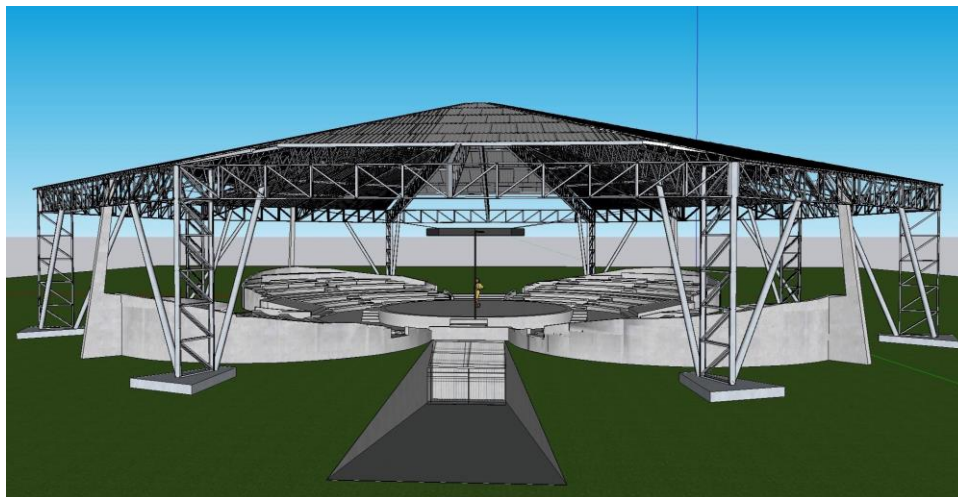


Figura 5: Modelo 3D feito no Sketchup.

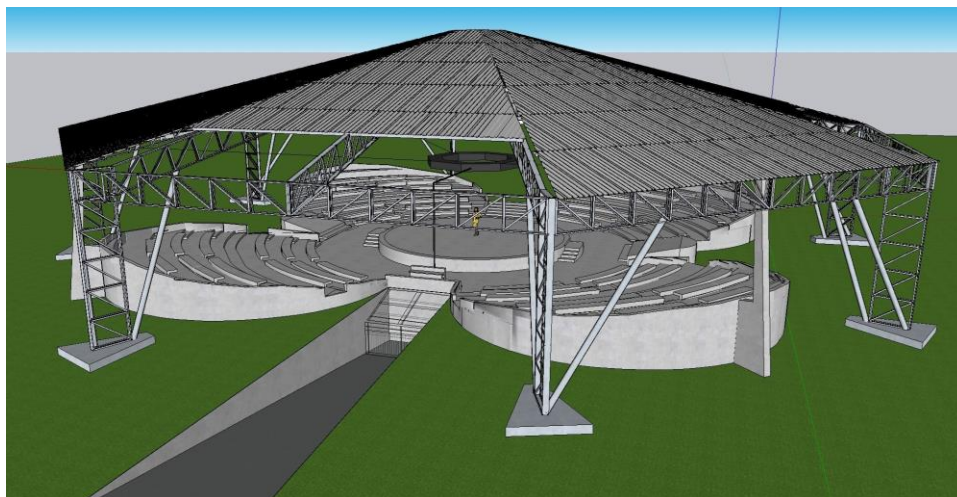


Figura 6: Modelo 3D feito no Sketchup.

5.2. Medição acústica no Teatro de Arena da Unicamp

Os dados de transmissão da fala, tempo de reverberação, tempo inicial de decaimento, definição e clareza medidos após a incorporação da cobertura estão inseridos nas tabelas do Apêndice A e os dados desses mesmos parâmetros medidos antes da incorporação da cobertura estão inseridos no Anexo A.

5.2.1. Som Residual

O som residual de um ambiente é um importante parâmetro acústico que influencia diretamente a inteligibilidade da fala ou da música. Os resultados do som residual do Teatro de Arena referentes ao dia e horário da medição são apresentados na Tabela 1 pelos descritores nível de pressão sonora equivalente (L_{eq}) e o nível máximo (L_{max}) do local para os dezesseis pontos adotados no Teatro.

Ponto	Leq (dB(A))	Lmax (dB(A))
P1	47,0	52,7
P2	49,2	56,4
P3	46,8	52,3
P4	45,7	48,5
P5	49,4	61,7
P6	47,7	51,0
P7	47,8	56,6
P8	48,0	51,3
P9	46,5	51,9
P10	46,9	51,9
P11	45,6	48,7
P12	48,0	55,2
P13	47,9	55,7
P14	52,6	61,5
P15	53,8	63,8
P16	47,5	58,0

Tabela 1: Valores de ruído de fundo medidos no Teatro de Arena da Unicamp.

5.2.2. Índice de Transmissão da Fala (STI)

O índice de transmissão da fala (STI) é o descritor acústico que representa a qualidade de comunicação entre os indivíduos do local e está associada ao nível de ruído e tempo de reverberação do ambiente.

5.2.2.1. Análise de dados

Os resultados do índice de transmissão da fala obtidos na medição do Teatro com cobertura em função dos pontos receptores considerando as duas diferentes posições de fonte sonora são apresentados na Tabela 2. A partir dos dados levantados *in loco* é possível perceber que o índice de transmissão da fala se comporta sem grandes variações de acordo com as posições dos receptores e da fonte sonora. Para a fonte 1 o índice variou entre 0,54 e 0,60 e para a fonte 2 entre 0,53 e 0,63.

STI	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16
F1	0,54	0,58	0,54	0,58	0,56	0,58	0,57	0,57	0,57	0,6	0,56	0,57	0,54	0,55	0,54	0,54
F2	0,63	0,61	0,57	0,59	0,61	0,61	0,61	0,57	0,54	0,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,54	0,59

Tabela 2: Valores medidos de STI referentes às fontes 1 e 2 no Teatro de Arena da Unicamp.

5.2.2.2. Comparação

A Tabela 3 apresenta os resultados dos índices de transmissão da fala realizados nas condições com e sem cobertura. Observa-se que o índice de transmissão da fala obtido após a implementação da cobertura teve uma piora em comparação com os resultados obtidos por Issamo (2017) antes da cobertura. A Tabela 3 evidencia essa comparação.

STI		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16
Com cobertura	F1	0,54	0,58	0,54	0,58	0,56	0,58	0,57	0,57	0,57	0,60	0,56	0,57	0,54	0,55	0,54	0,54
	F2	0,63	0,61	0,57	0,59	0,61	0,61	0,61	0,57	0,54	0,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,54	0,59
Sem cobertura	F1	0,84	0,84	0,77	0,79	0,81	0,83	0,84	0,81	0,83	0,83	0,86	0,82	0,86	0,79	0,79	0,82
	F2	0,75	0,88	0,86	0,86	0,85	0,89	0,87	0,85	0,87	0,82	0,89	0,82	0,89	0,81	0,84	0,84

Tabela 3: Valores de STI obtidos em função dos pontos receptores para as fontes nas posições 1 e 2 nas condições com e sem cobertura.

5.2.3. Tempo de Reverberação (TR)

O tempo de reverberação (T_R) usado para a análise dos dados foi o T20, pois foi o parâmetro acústico que apresentou maior coeficiente de correlação.

5.2.3.1. Análise de dados

As Figuras 7 e 8 apresentam os resultados dos tempos de reverberação em função de frequência em bandas de uma oitava obtidos no Teatro de Arena com cobertura para a fonte na posição 1. Os resultados da Figura 7 correspondem às posições de receptores de 1 a 10 e a Figura 8 para os pontos receptores de 11 a 16.

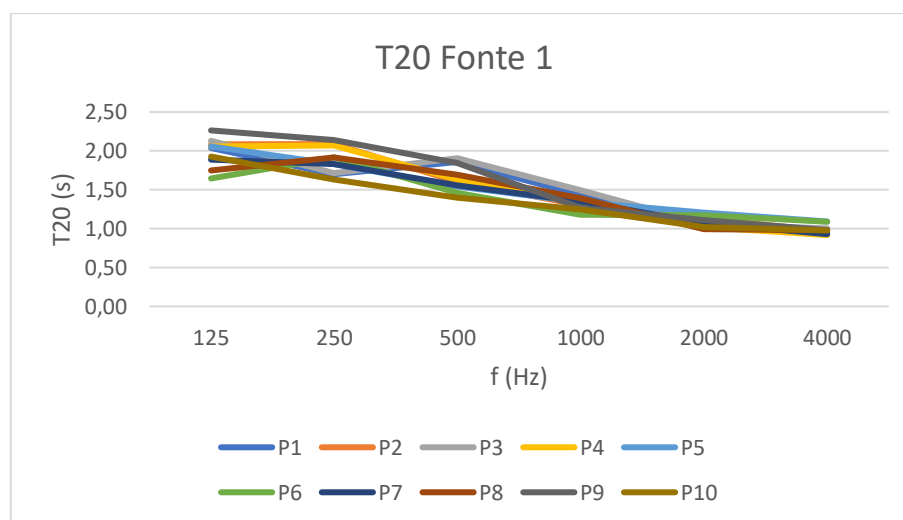


Figura 7: Valores de tempo de reverberação medidos com a fonte na posição 1, referente ao Teatro de Arena da UNICAMP com cobertura para os pontos de 1 a 10.

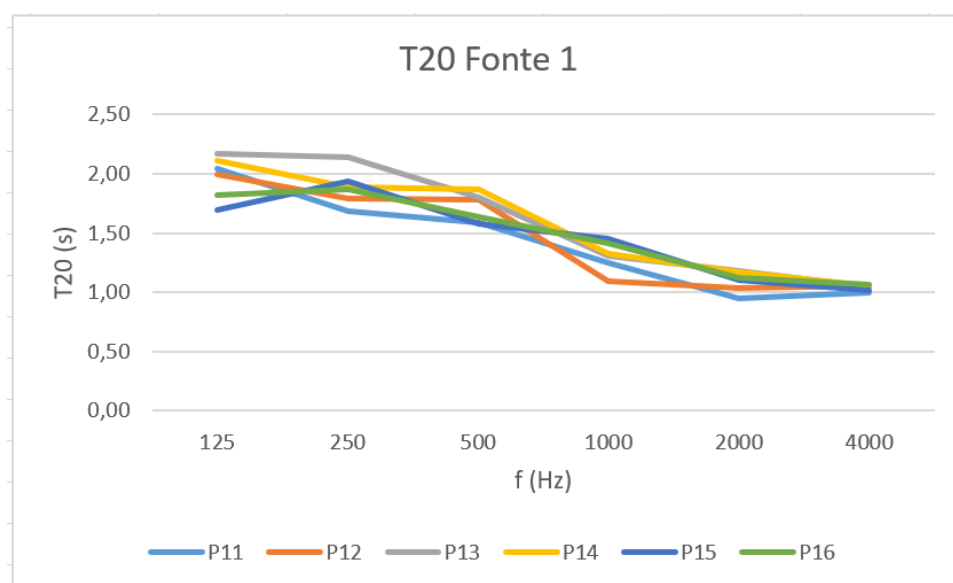


Figura 8: Valores de tempo de reverberação medidos com a fonte na posição 1, referente ao Teatro de Arena da UNICAMP com cobertura para os pontos de 11 a 16.

As Figuras 9 e 10 apresentam os resultados dos tempos de reverberação em função de frequência em bandas de uma oitava obtidos no Teatro de Arena com cobertura para a fonte na posição 2. Os resultados da Figura 9 correspondem às posições de receptores de 1 a 10 e a Figura 10 para os pontos receptores de 11 a 16.

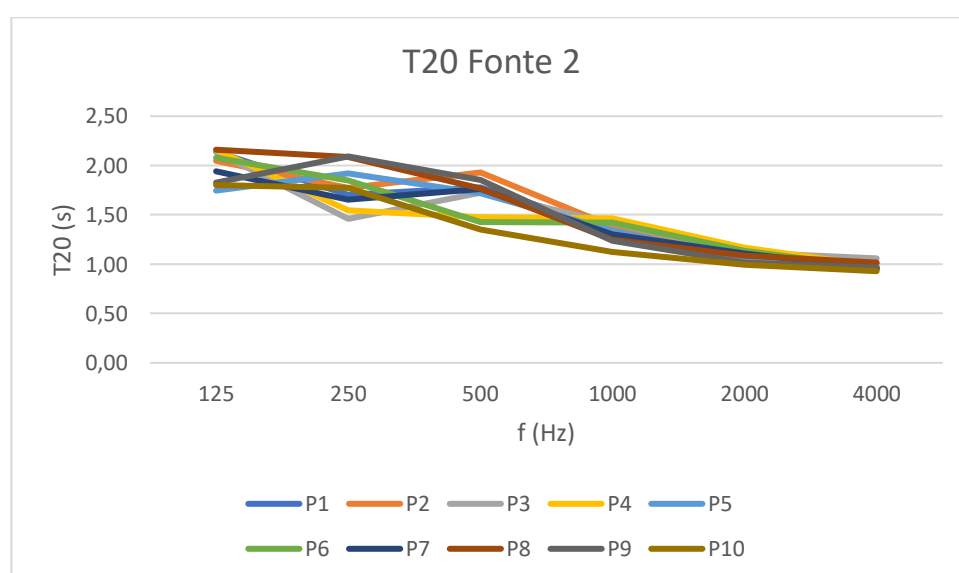


Figura 9: Valores medidos de T_{20} referentes à fonte 2 com cobertura no Teatro de Arena da Unicamp.

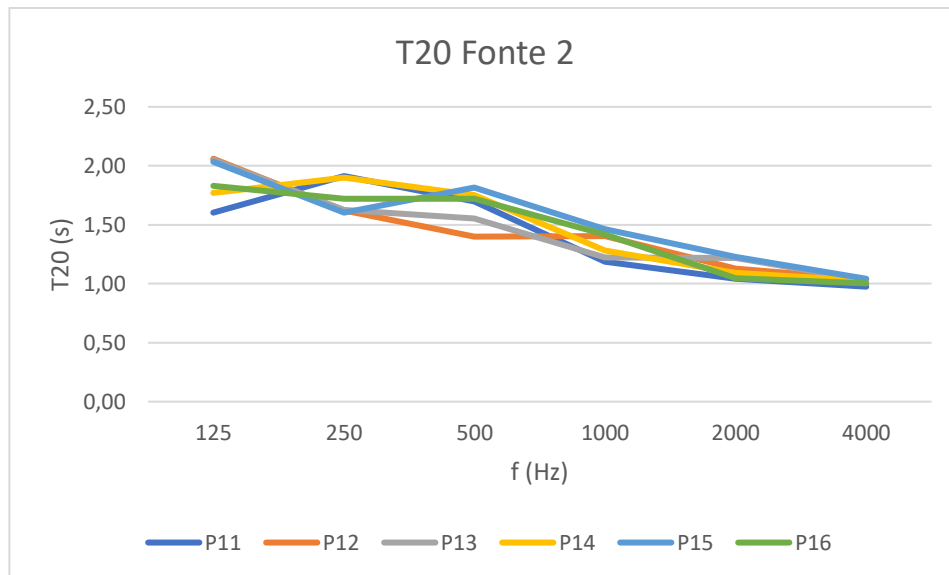
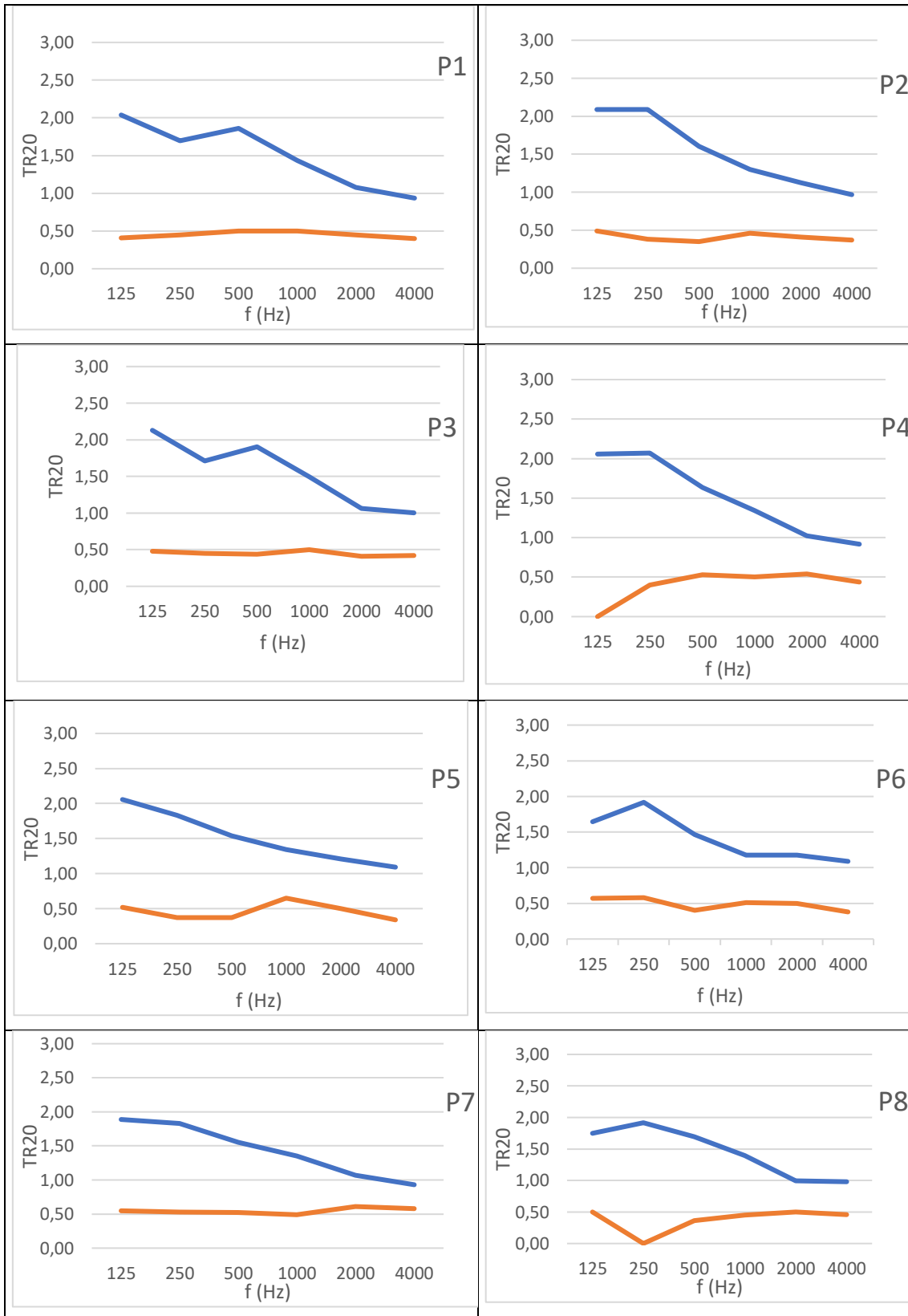


Figura 10: Valores medidos de T20 referentes à fonte 2 com cobertura no Teatro de Arena da Unicamp.

Para todos os pontos receptores para ambas as fontes houve uma tendência a diminuir a dispersão de dados conforme a frequência de emissão sonora aumenta. É notável que o tempo de reverberação se reduz enquanto a frequência se eleva. Os pontos tendem a convergir significativamente acima dos 2000 Hz. Além disso, a dispersão mais evidente foi para as frequências de 125 Hz e para 500 Hz. É evidente também que ocorreu maior dispersão para os pontos de 11 a 16 tanto para a fonte 1 quanto para a fonte 2. Outra característica que vale ressaltar é que os pontos P9 ao P16 são equidistantes em relação à fonte 1. Os pontos P9 e P16 são equidistantes entre si com relação à fonte 2 e do mesmo modo os pontos P12 e P13. Os outros pontos apresentam distâncias distintas em relação à fonte 2.

5.2.3.2. Comparação

Na Figura 11 são apresentados os resultados comparativos de tempo de reverberação para cada posição de receptor (1 a 10) com a fonte posicionada no ponto 1. A curva em azul refere a condição com cobertura e a curva em vermelho a condição sem cobertura.



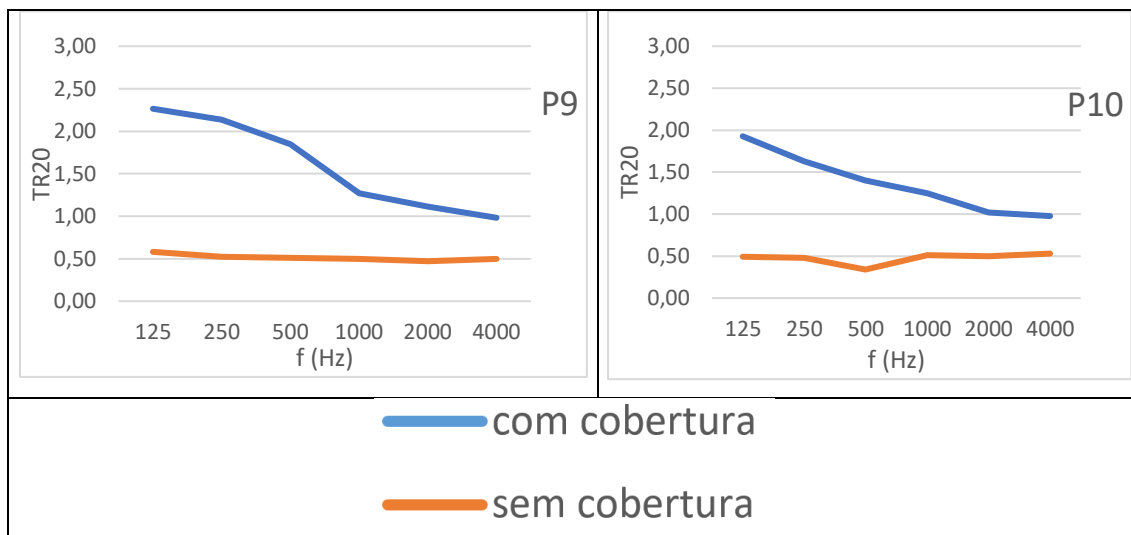
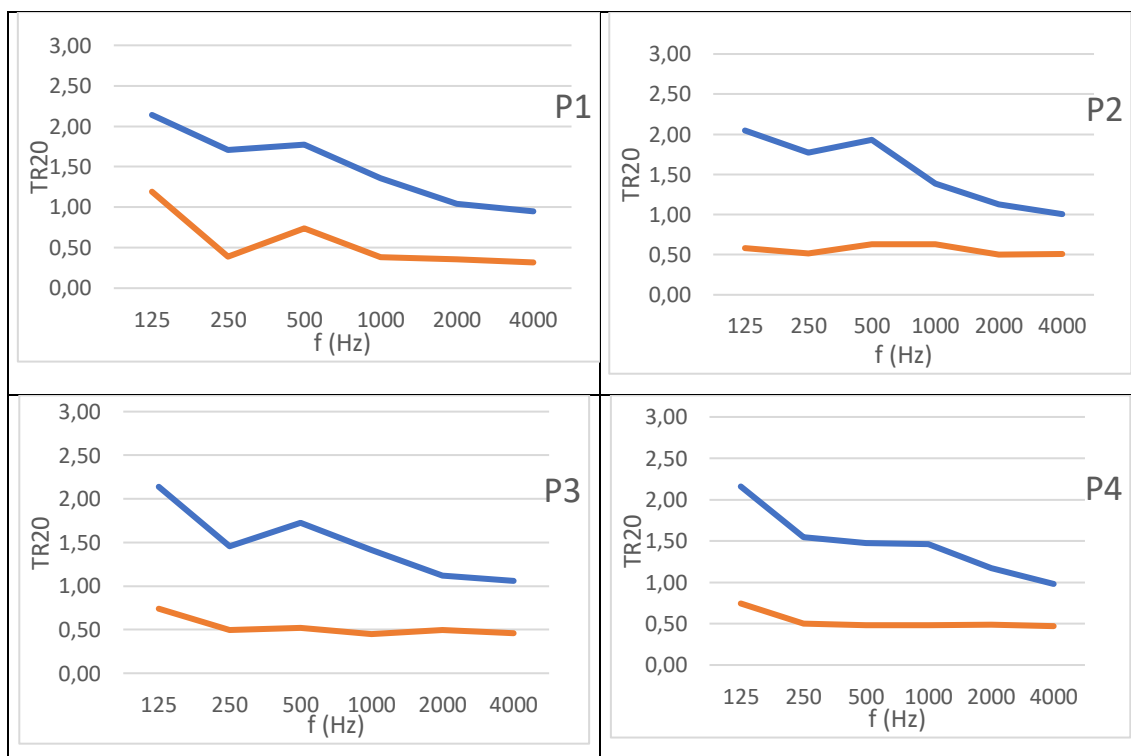


Figura 11: Valores de tempo de reverberação na fonte 1 para cada posição de receptor de 1 a 10.

Na Figura 12 são apresentados os resultados comparativos de tempo de reverberação para cada posição de receptor (1 a 10) com a fonte posicionada no ponto 1. A curva em azul refere a condição com cobertura e a curva em vermelho a condição sem cobertura.



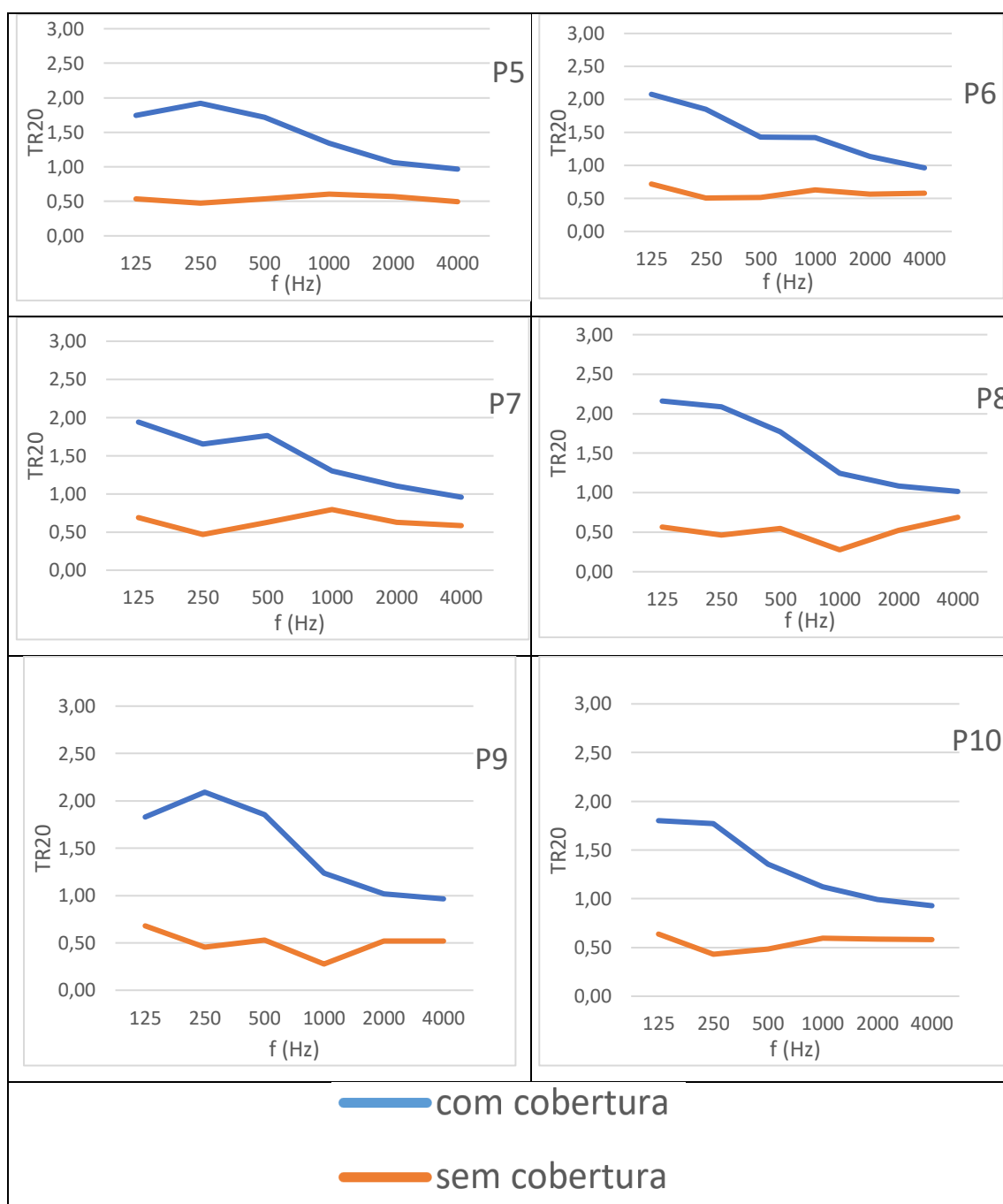


Figura 12: Valores de tempo de reverberação na fonte 2 para cada posição de receptor de 1 a 10.

Os valores medidos após a construção da cobertura metálica foram superiores aos medidos antes dessa construção em todos os pontos para ambas as fontes. Além disso, há uma tendência na redução do tempo de reverberação de acordo com o aumento da frequência para o Teatro com a cobertura, diferentemente dos valores quando não havia cobertura que se manteve constante na maioria dos pontos.

5.2.4. Tempo Inicial de Decaimento (EDT)

Neste item são apresentados os resultados de EDT.

5.2.4.1. Análise de dados

As Figuras 13 e 14 apresentam os resultados do tempo inicial de decaimento em função de frequência em bandas de uma oitava obtidos no Teatro de Arena com cobertura para a fonte na posição 1. Os resultados da Figura 13 correspondem às posições de receptores de 1 a 10 e a Figura 14 para os pontos receptores de 11 a 16.

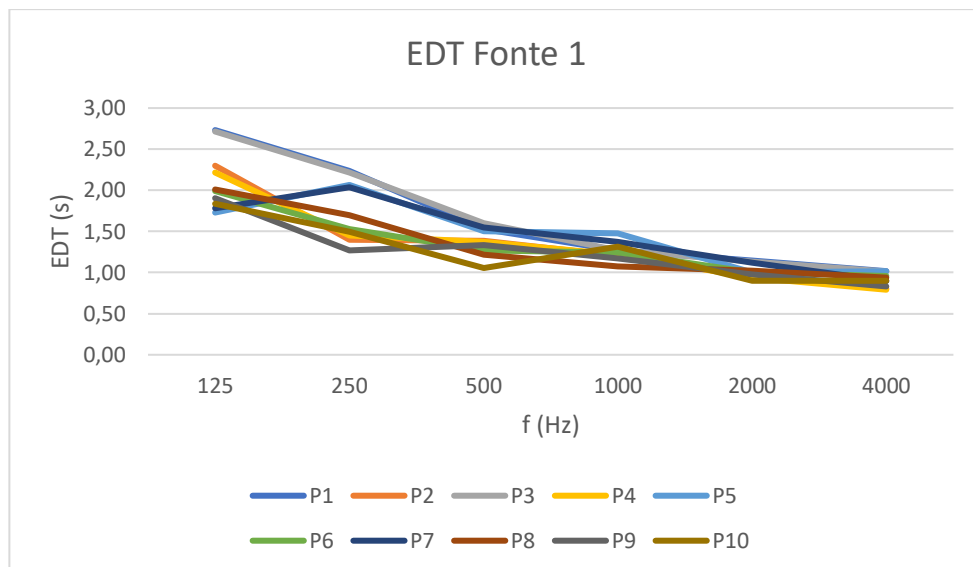


Figura 13: Valores de tempo inicial de decaimento medidos com a fonte na posição 1, referente ao Teatro de Arena da UNICAMP com cobertura para os pontos de 1 a 10.

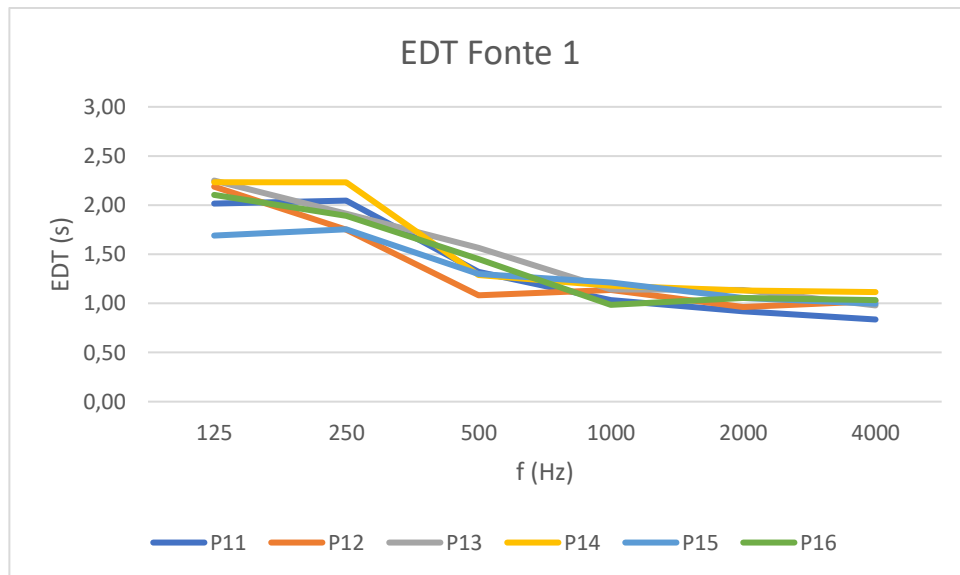


Figura 14: Valores de tempo inicial de decaimento medidos com a fonte na posição 1, referente ao Teatro de Arena da UNICAMP com cobertura para os pontos de 11 a 16.

As Figuras 15 e 16 apresentam os resultados do tempo inicial de decaimento em função de frequência em bandas de uma oitava obtidos no Teatro de Arena com cobertura para a fonte na posição 2. Os resultados da Figura 15 correspondem às posições de receptores de 1 a 10 e a Figura 16 para os pontos receptores de 11 a 16.

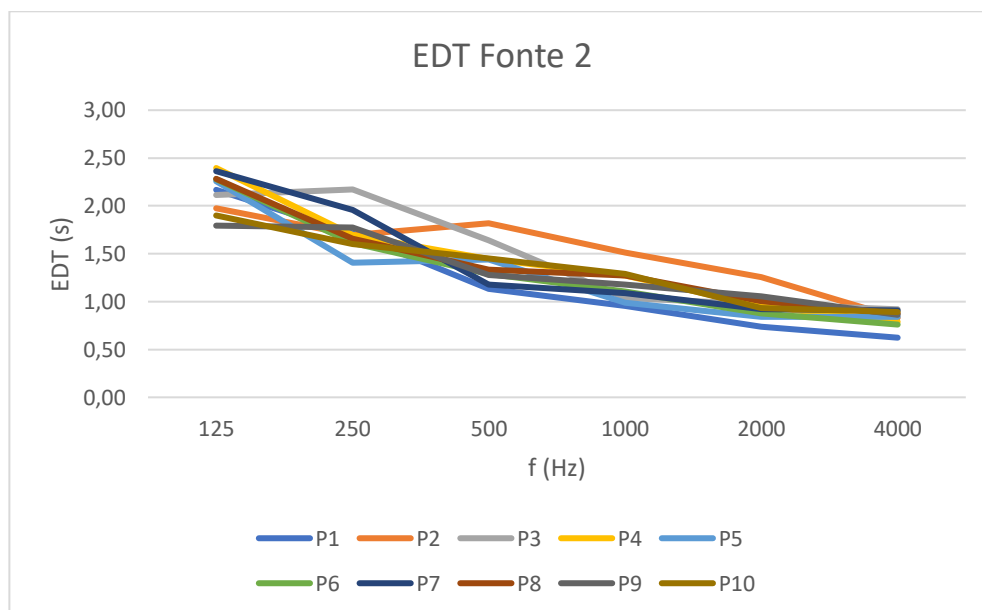


Figura 15: Valores de tempo inicial de decaimento medidos com a fonte na posição 2, referente ao Teatro de Arena da UNICAMP com cobertura para os pontos de 1 a 10.

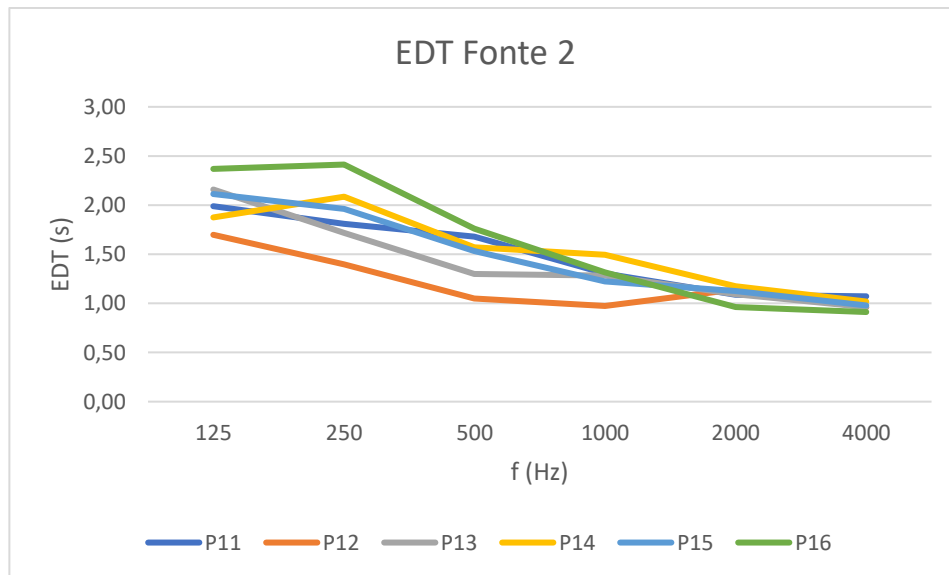
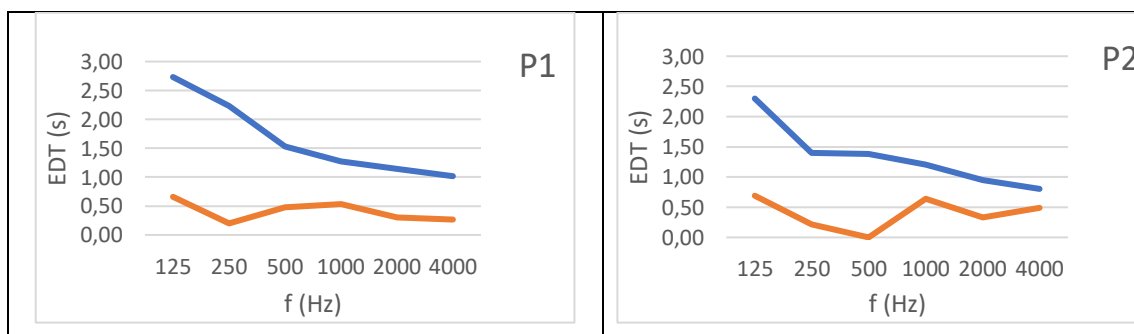


Figura 16: Valores de tempo inicial de decaimento medidos com a fonte na posição 2, referente ao Teatro de Arena da UNICAMP com cobertura para os pontos de 11 a 16.

Para todos os pontos receptores para ambas as fontes houve uma tendência a diminuir a dispersão de dados conforme a frequência de emissão sonora aumenta. Os pontos tendem a convergir significativamente acima dos 2000 Hz. É notável que o tempo inicial de decaimento se reduz enquanto a frequência se eleva. Além disso, a dispersão mais evidente foi para as frequências de 125 Hz e para 250 Hz. É evidente também que ocorreu maior dispersão para os pontos de 11 a 16 para a fonte 2.

5.2.4.2. Comparação

Na Figura 17 são apresentados os resultados comparativos do tempo inicial de decaimento para cada posição de receptor (1 a 10) com a fonte posicionada no ponto 1. A curva em azul refere a condição com cobertura e a curva em vermelho a condição sem cobertura.



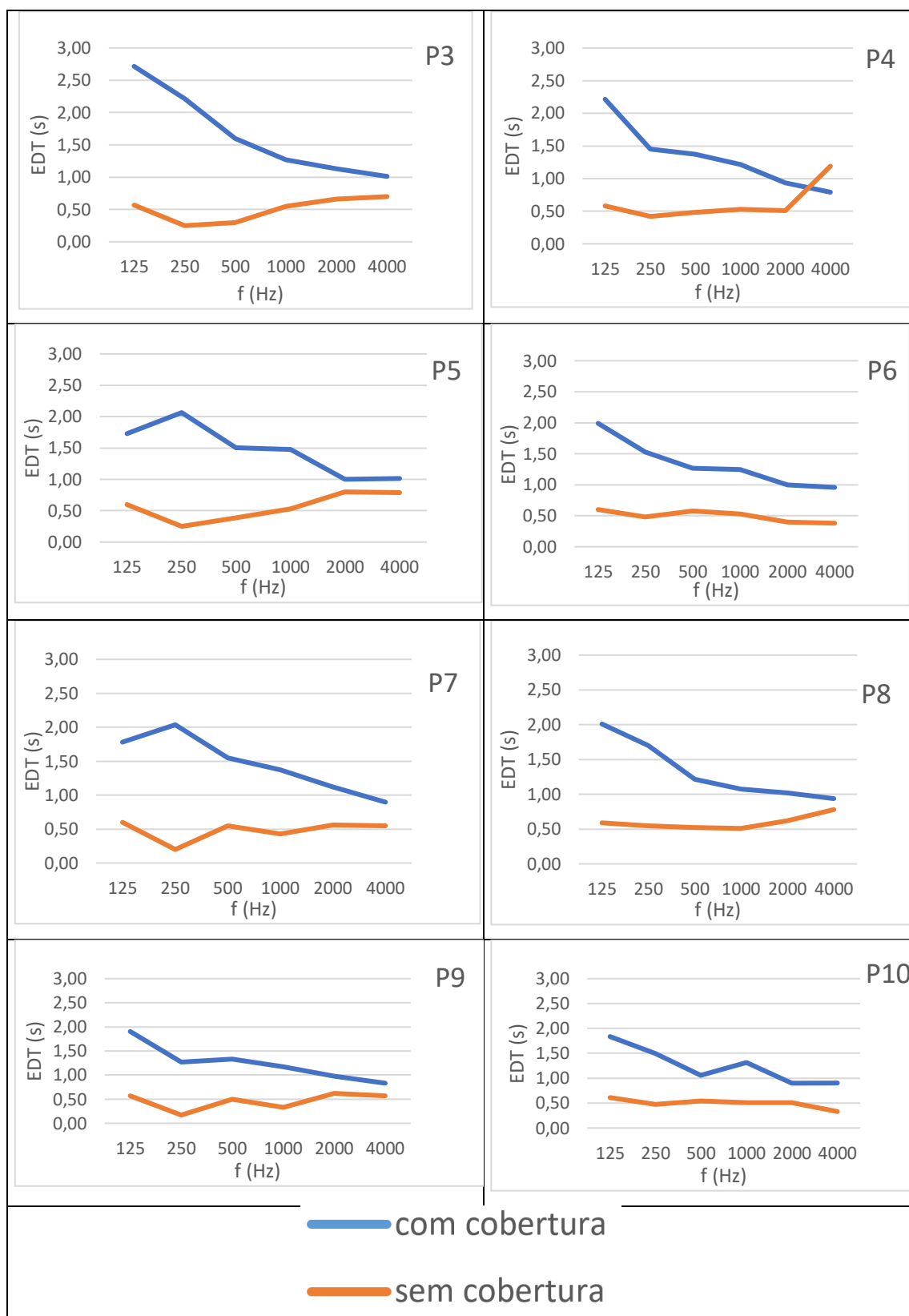
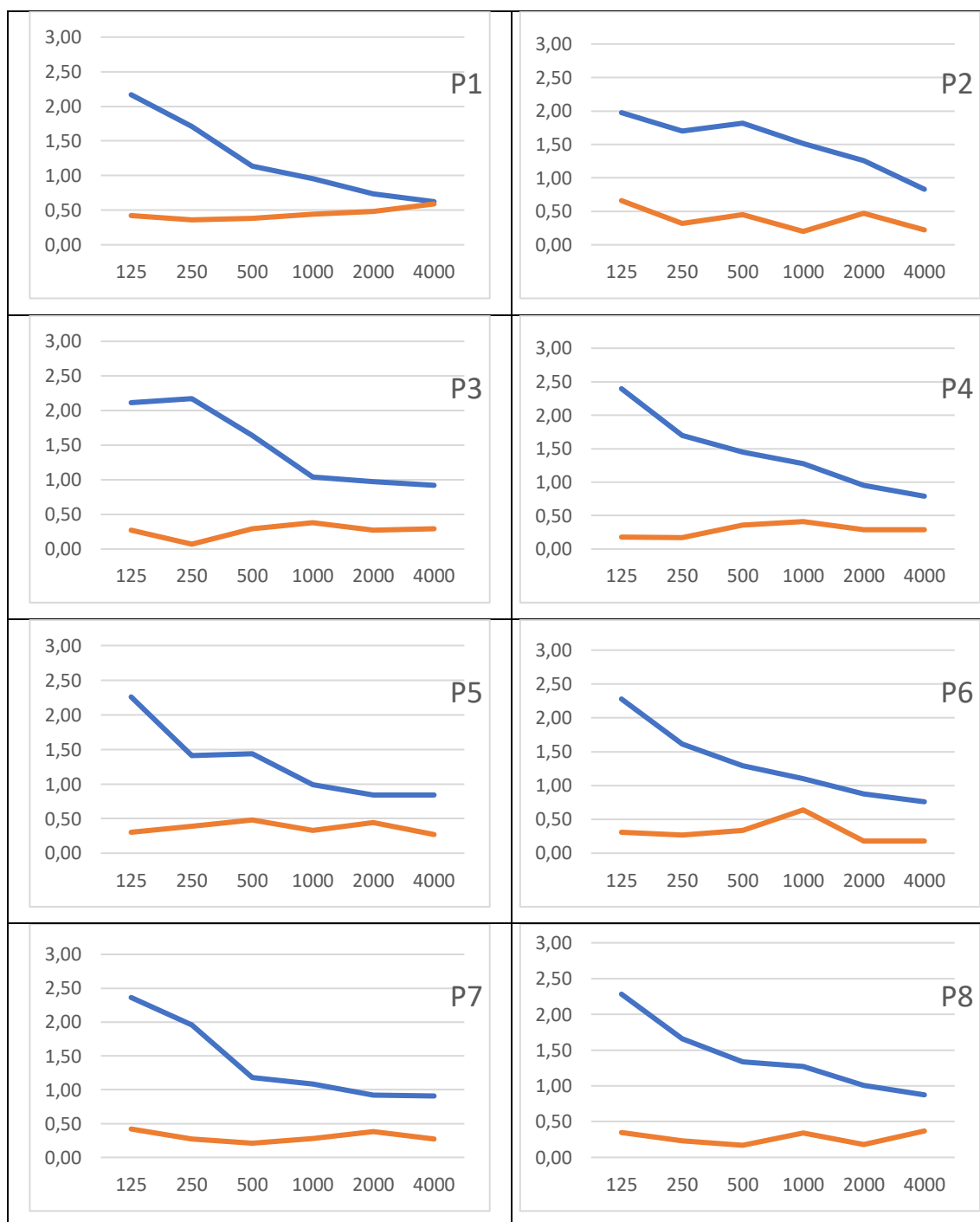


Figura 17: Valores de tempo inicial de decaimento na fonte 1 para cada posição de receptor de 1 a 10.

Na Figura 18 são apresentados os resultados comparativos do tempo inicial de decaimento para cada posição de receptor (1 a 10) com a fonte posicionada no ponto 2. A curva em azul refere a condição com cobertura e a curva em vermelho a condição sem cobertura.



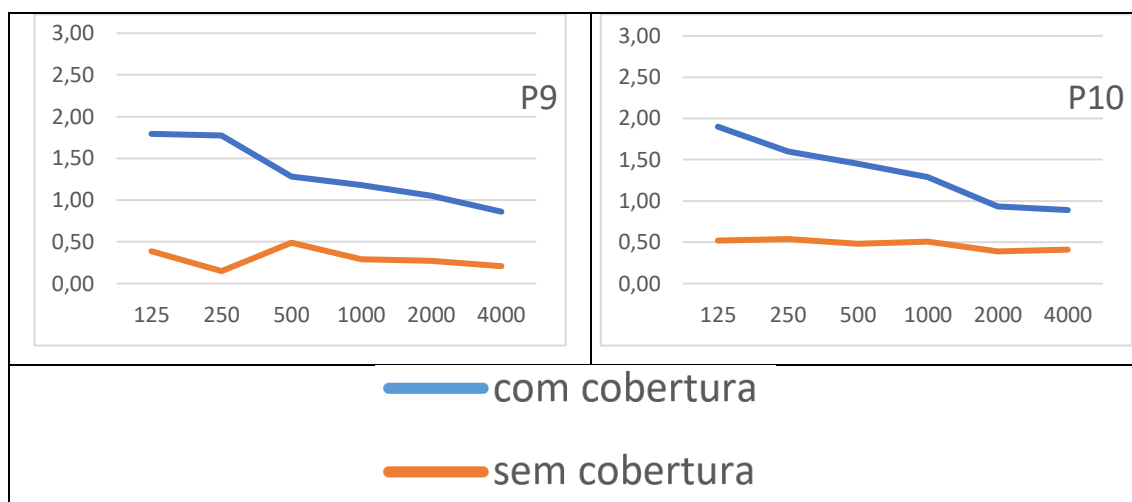


Figura 18: Valores de tempo inicial de decaimento na fonte 2 para cada posição de receptor de 1 a 10.

Os valores medidos após a construção da cobertura metálica foram superiores aos medidos antes dessa construção, exceto para o ponto 4 com a fonte na posição 1 para frequências acima de 2000 Hz. Além disso, há uma tendência de redução do tempo inicial de decaimento de acordo com o aumento da frequência para o Teatro com a cobertura, diferentemente dos valores quando não havia cobertura que se mostraram mais constantes.

5.2.5. Índice de Clareza (C80)

Neste item são apresentados os resultados do índice de clareza da fala.

5.2.5.1. Análise de dados

As Figuras 19 e 20 apresentam os resultados dos índices de clareza em função de frequência em bandas de uma oitava obtidos no Teatro de Arena com cobertura para a fonte na posição 1. Os resultados da Figura 19 correspondem às posições de receptores de 1 a 10 e a Figura 20 para os pontos receptores de 11 a 16.

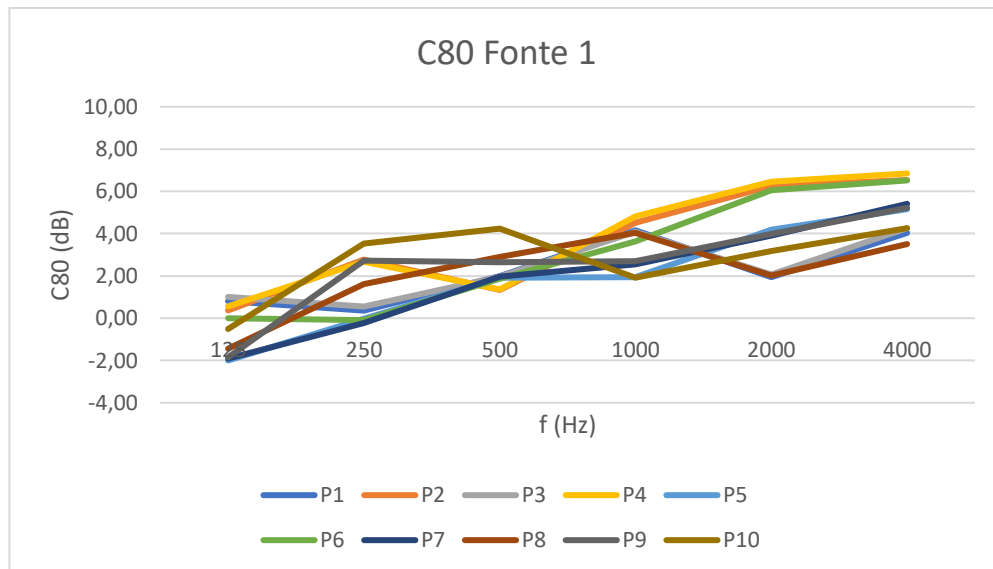


Figura 19: Valores de índice de clareza medidos com a fonte na posição 1, referente ao Teatro de Arena da UNICAMP com cobertura para os pontos de 1 a 10.

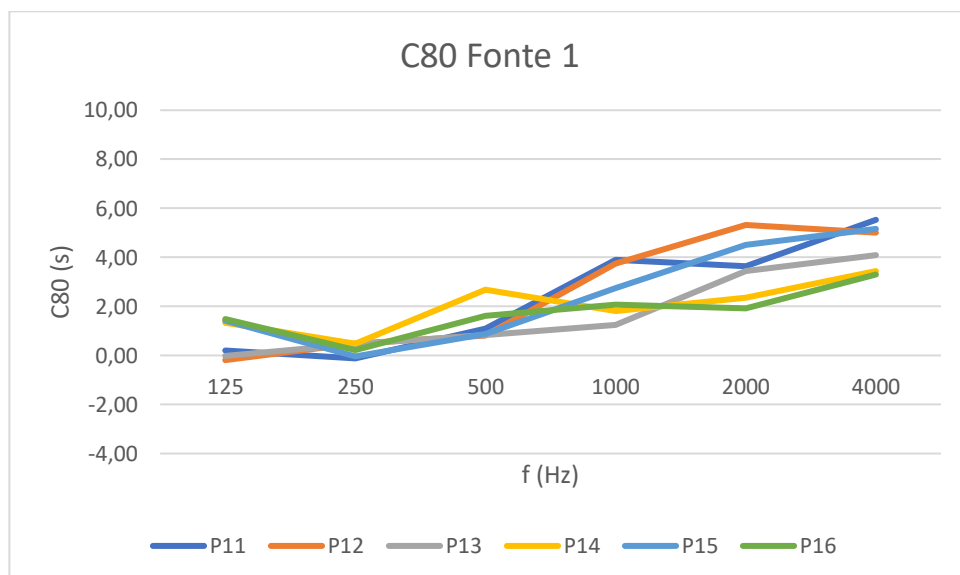


Figura 20: Valores de índice de clareza medidos com a fonte na posição 1, referente ao Teatro de Arena da UNICAMP com cobertura para os pontos de 11 a 16.

As Figuras 21 e 22 apresentam os resultados dos índices de clareza em função de frequência em bandas de uma oitava obtidos no Teatro de Arena com cobertura para a fonte na posição 2. Os resultados da Figura 21 correspondem às posições de receptores de 1 a 10 e a Figura 22 para os pontos receptores de 11 a 16.

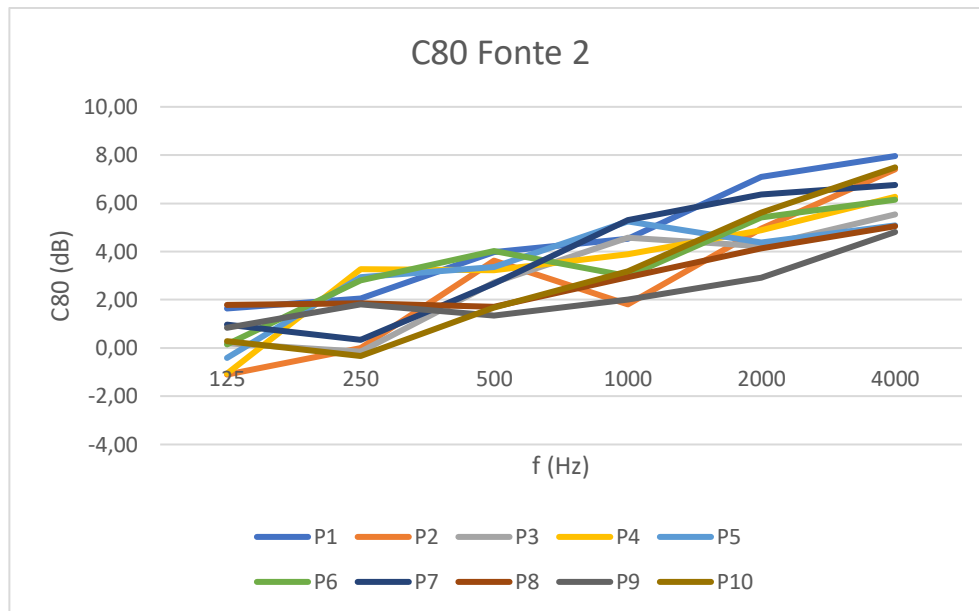


Figura 21: Valores de índice de clareza medidos com a fonte na posição 2, referente ao Teatro de Arena da UNICAMP com cobertura para os pontos de 1 a 10.

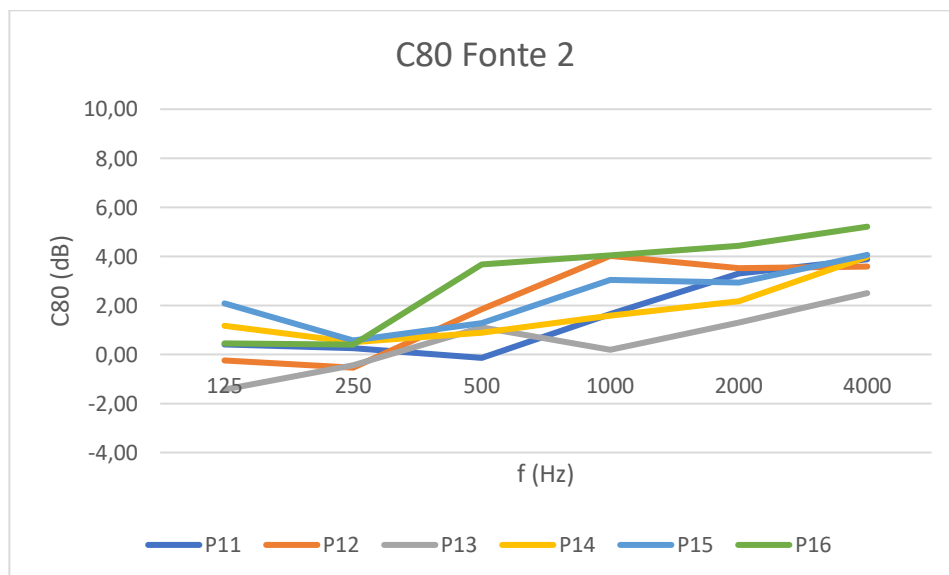
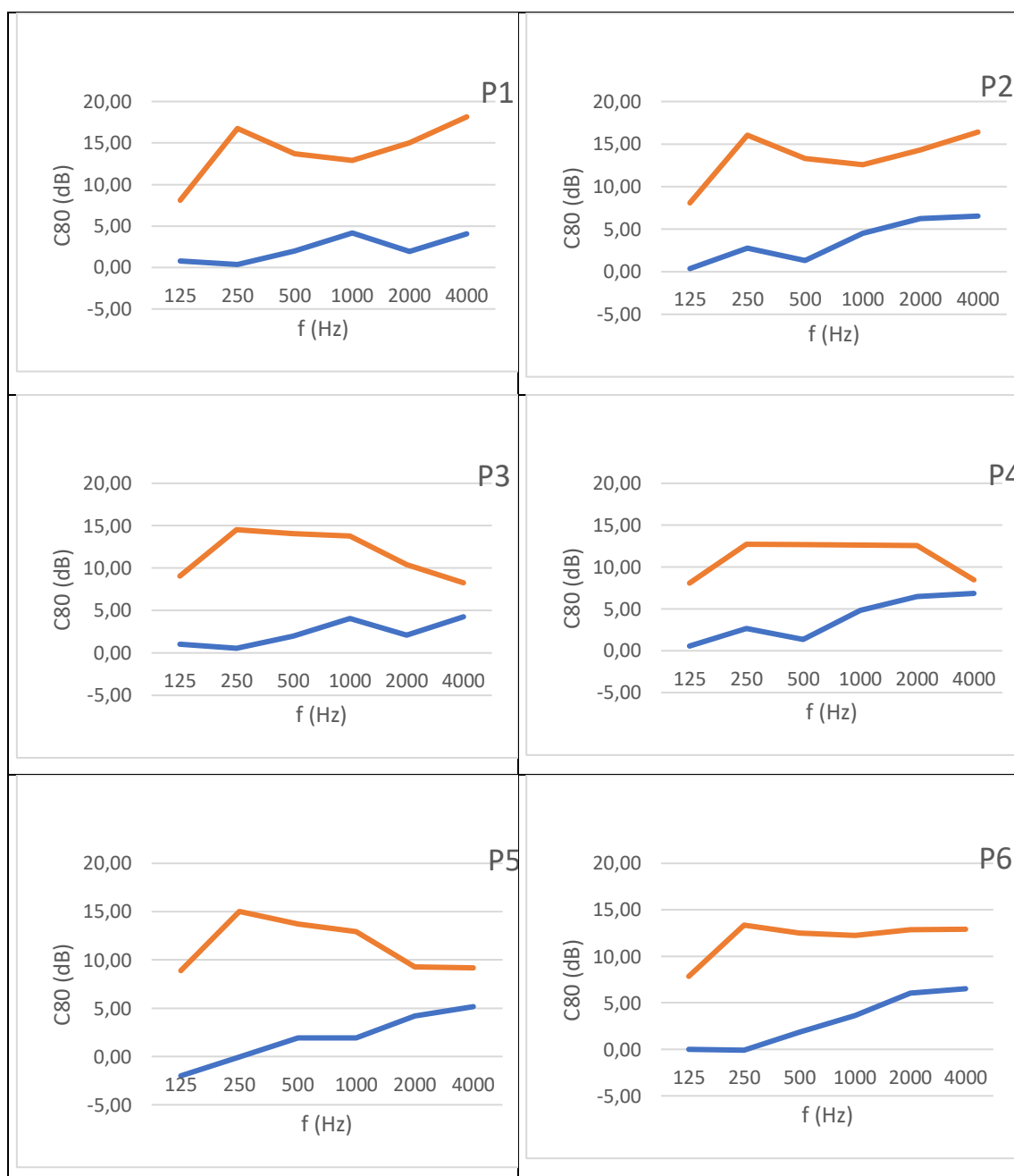


Figura 22: Valores de índice de clareza medidos com a fonte na posição 2, referente ao Teatro de Arena da UNICAMP com cobertura para os pontos de 11 a 16.

É notável que o índice de clareza se eleva enquanto a frequência também se eleva. Os pontos de 11 a 16 tendem a convergir significativamente na frequência de 250 Hz para ambas as fontes. Os pontos de 1 a 10 apresentam menor dispersão em comparação aos pontos de 11 a 16 de forma geral.

5.2.5.2. Comparação

Na Figura 23 são apresentados os resultados comparativos do índice de clareza para cada posição de receptor (1 a 10) com a fonte posicionada no ponto 1. A curva em azul refere a condição com cobertura e a curva em vermelho a condição sem cobertura.



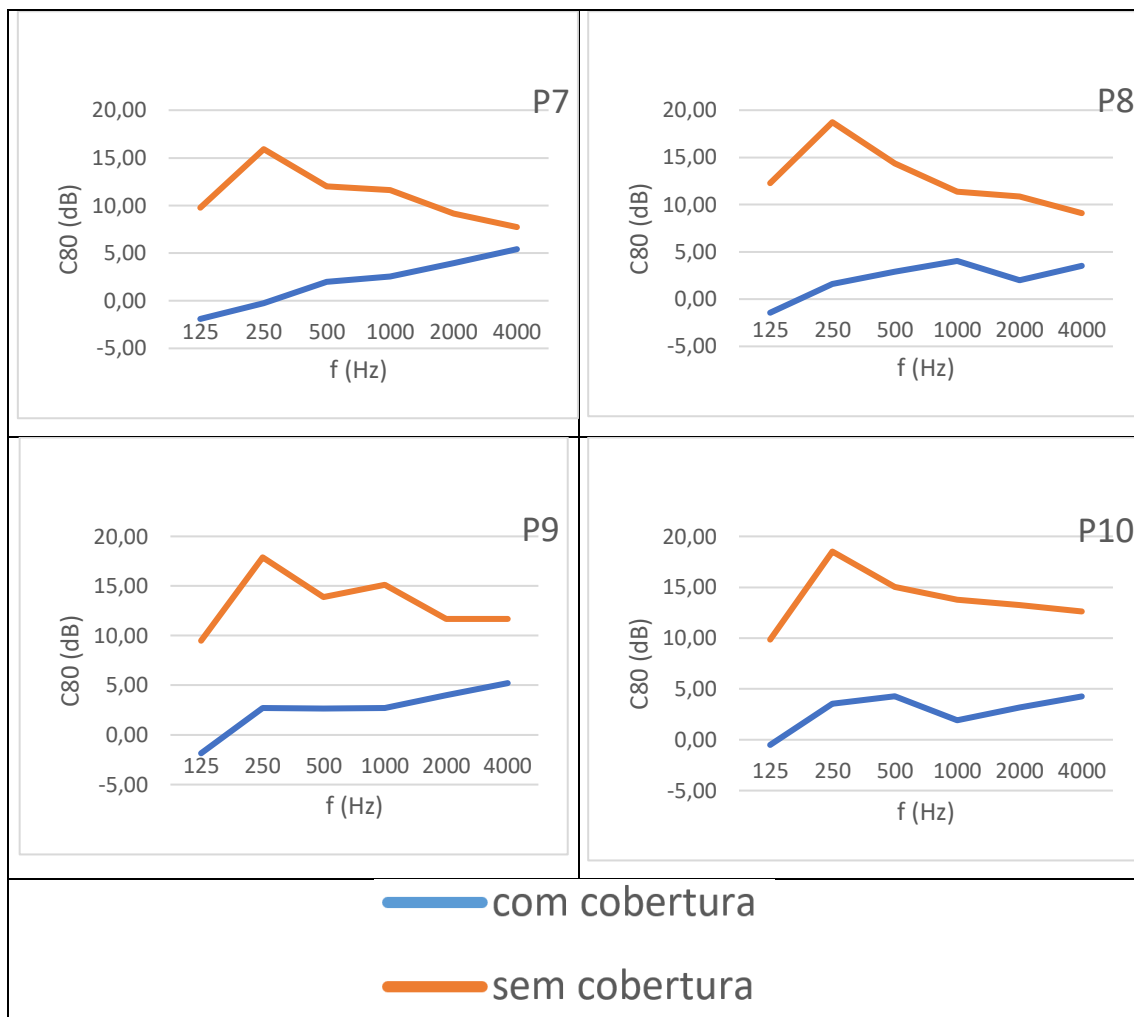
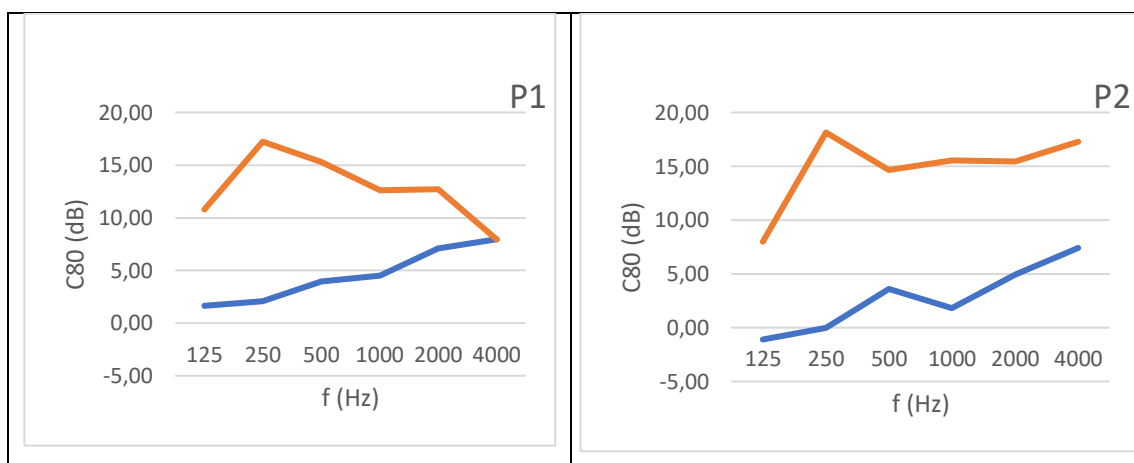
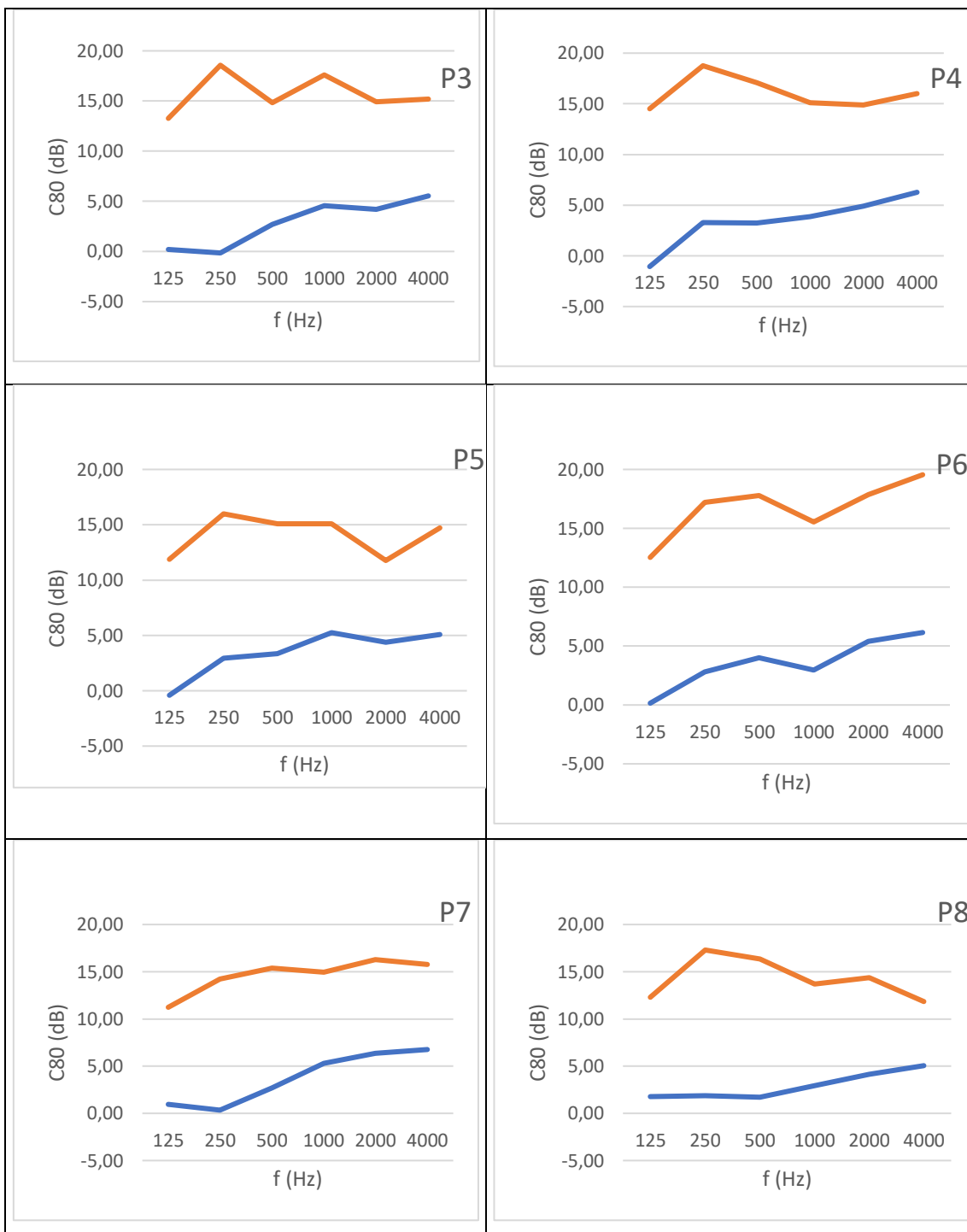


Figura 23: Valores de índice de clareza na fonte 1 para cada posição de receptor de 1 a 10.

Na Figura 24 são apresentados os resultados comparativos do índice de clareza para cada posição de receptor (1 a 10) com a fonte posicionada no ponto 2. A curva em azul refere a condição com cobertura e a curva em vermelho a condição sem cobertura.





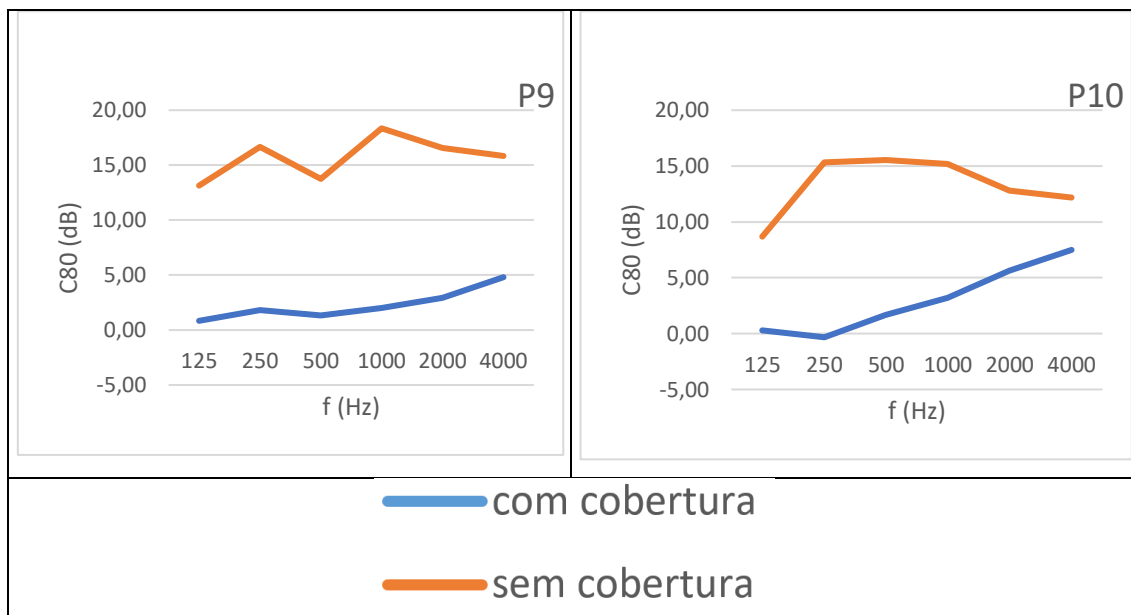


Figura 24: Valores de índice de clareza na fonte 2 para cada posição de receptor de 1 a 10.

Os valores medidos após a construção da cobertura metálica foram superiores aos medidos antes dessa construção. Além disso, há uma tendência no aumento do índice de clareza de acordo com o aumento da frequência para o Teatro com a cobertura, diferentemente dos valores quando não havia cobertura que variou bastante em vários pontos em ambas as fontes. Antes da implementação da cobertura houve maior dispersão de dados em cada ponto variando a frequência.

5.2.6. Definição (D50)

A definição de um ambiente se relaciona com o padrão de reflexão de suas superfícies, a geometria e a distância entre o falante e o ouvinte. Além disso, pode ser entendido como o nível de clareza da fala. Por isso, é diretamente proporcional ao índice de clareza. A diferença é que a definição é usada para medir a qualidade acústica da fala enquanto que a clareza é usada para medir a qualidade acústica da música.

5.2.6.1. Análise de dados

As Figuras 25 e 26 apresentam os resultados dos índices de definição em função de frequência em bandas de uma oitava obtidos no Teatro de Arena com cobertura para a

fonte na posição 1. Os resultados da Figura 25 correspondem às posições de receptores de 1 a 10 e a Figura 26 para os pontos receptores de 11 a 16.

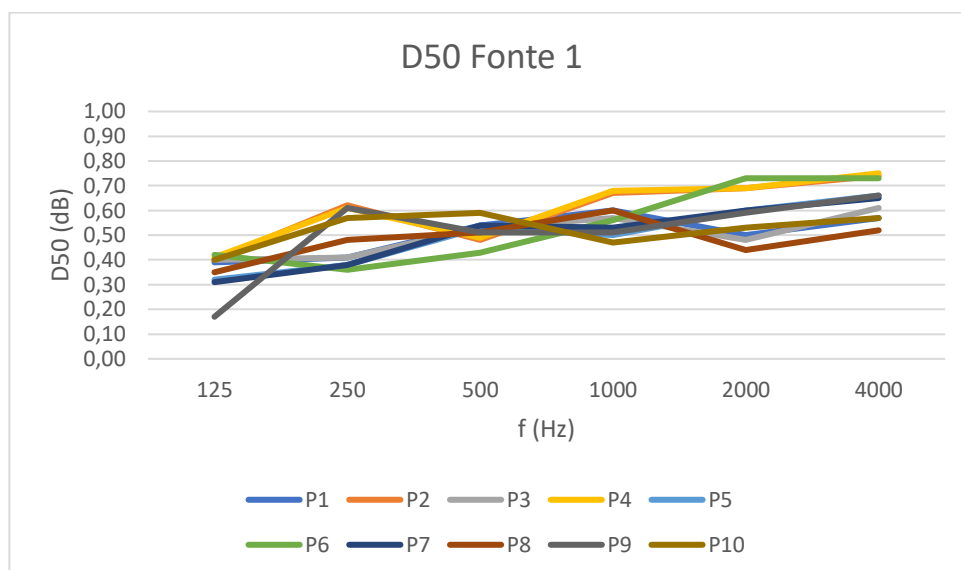


Figura 25: Valores de definição medidos com a fonte na posição 1, referente ao Teatro de Arena da UNICAMP com cobertura para os pontos de 1 a 10.

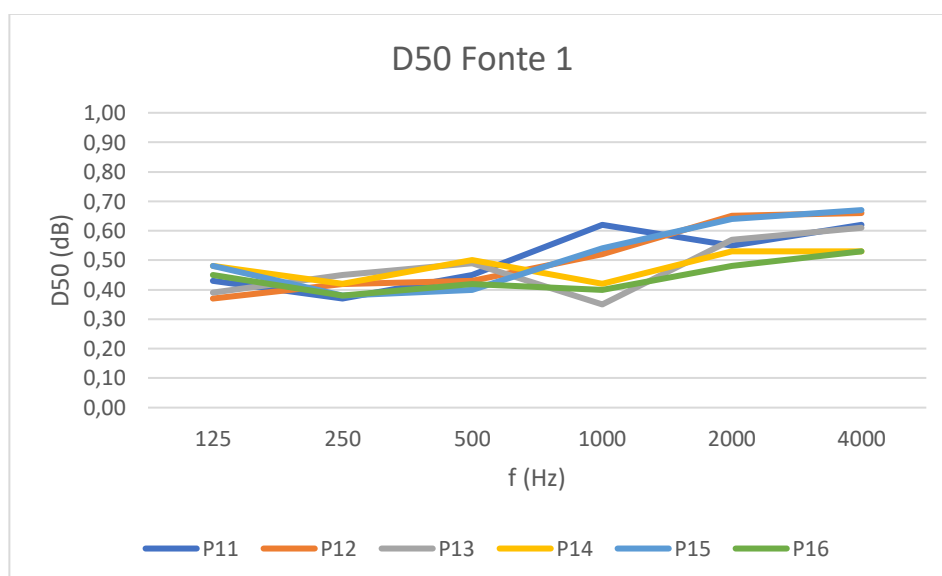


Figura 26: Valores de definição medidos com a fonte na posição 1, referente ao Teatro de Arena da UNICAMP com cobertura para os pontos de 11 a 16.

As Figuras 27 e 28 apresentam os resultados dos índices de definição em função de frequência em bandas de uma oitava obtidos no Teatro de Arena com cobertura para a fonte na posição 2. Os resultados da Figura 27 correspondem às posições de receptores de 1 a 10 e a Figura 28 para os pontos receptores de 11 a 16.

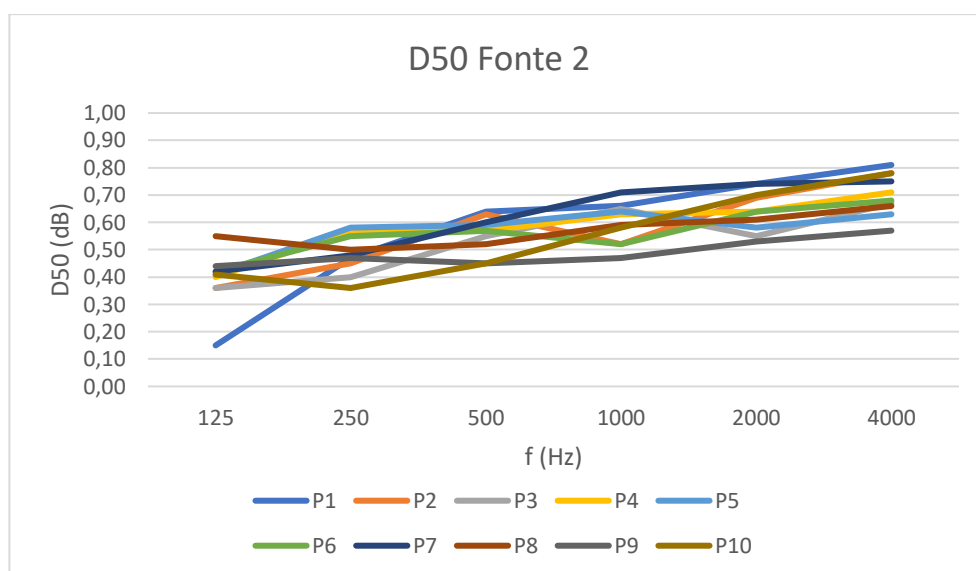


Figura 27: Valores de definição medidos com a fonte na posição 2, referente ao Teatro de Arena da UNICAMP com cobertura para os pontos de 1 a 10.

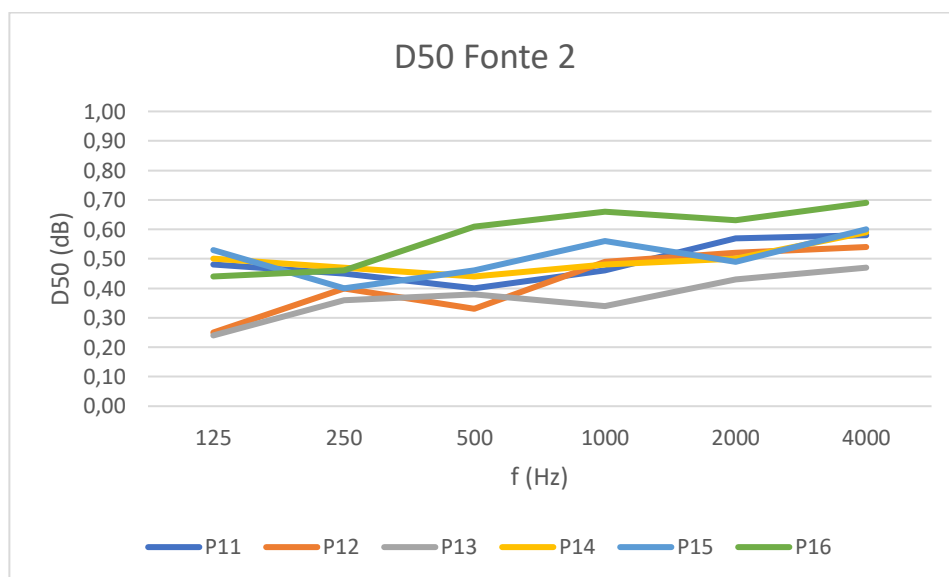


Figura 28: Valores de definição medidos com a fonte na posição 2, referente ao Teatro de Arena da UNICAMP com cobertura para os pontos de 11 a 16.

É notável que o índice de definição se eleva enquanto a frequência também se eleva. Além disso, a dispersão mais evidente foi para os pontos de 11 a 16 para a frequência de 1000 Hz. É evidente também que ocorreu menor dispersão para os pontos de 11 a 16 tanto para a fonte 1 quanto para a fonte 2. A maior variação do valor de índice de definição foi da fonte 2 para os pontos de 1 a 10.

5.2.6.2. Comparação

Na Figura 29 são apresentados os resultados comparativos do índice de definição para cada posição de receptor (1 a 10) com a fonte posicionada no ponto 1. A curva em azul refere a condição com cobertura e a curva em vermelho a condição sem cobertura.



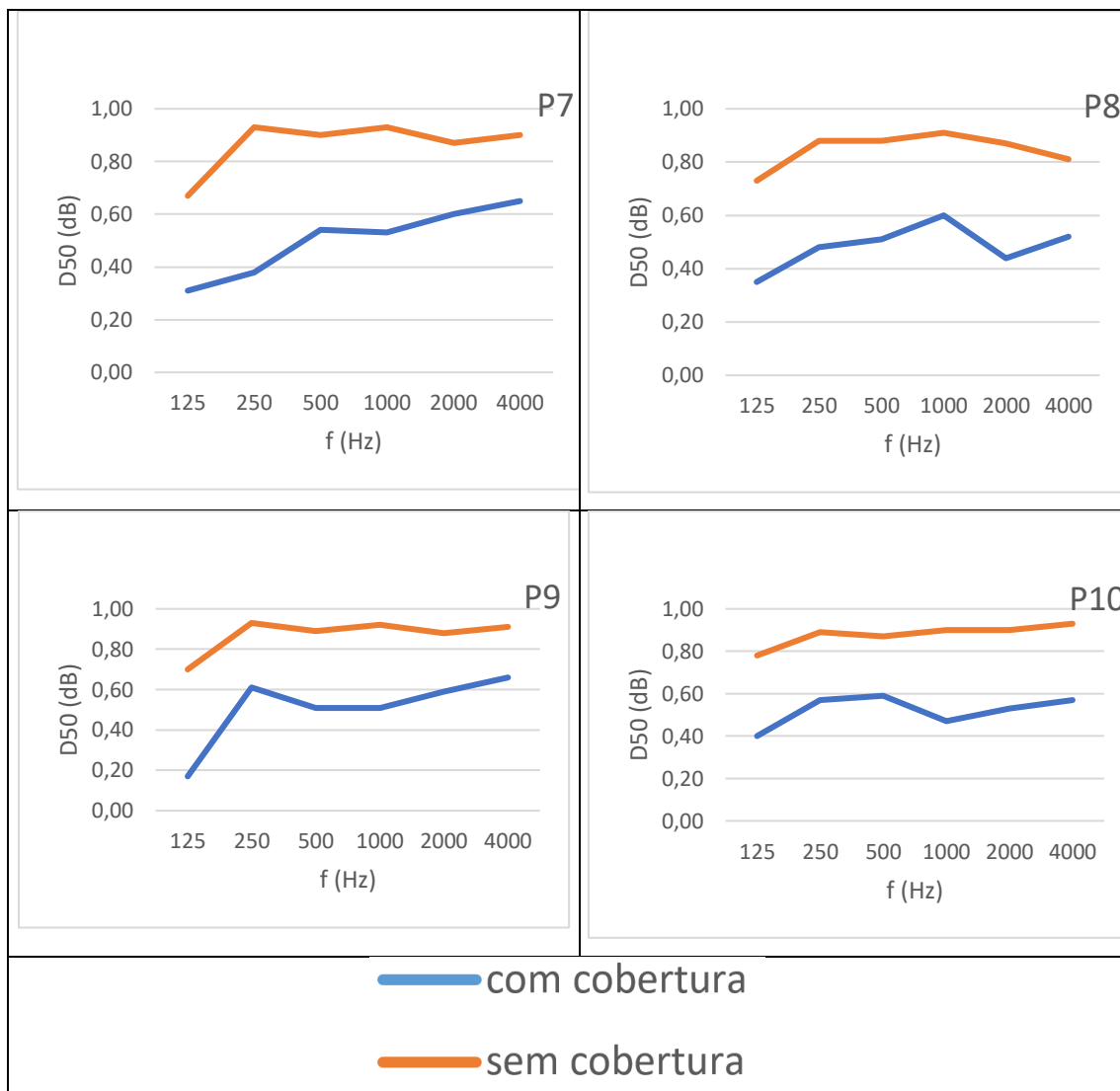
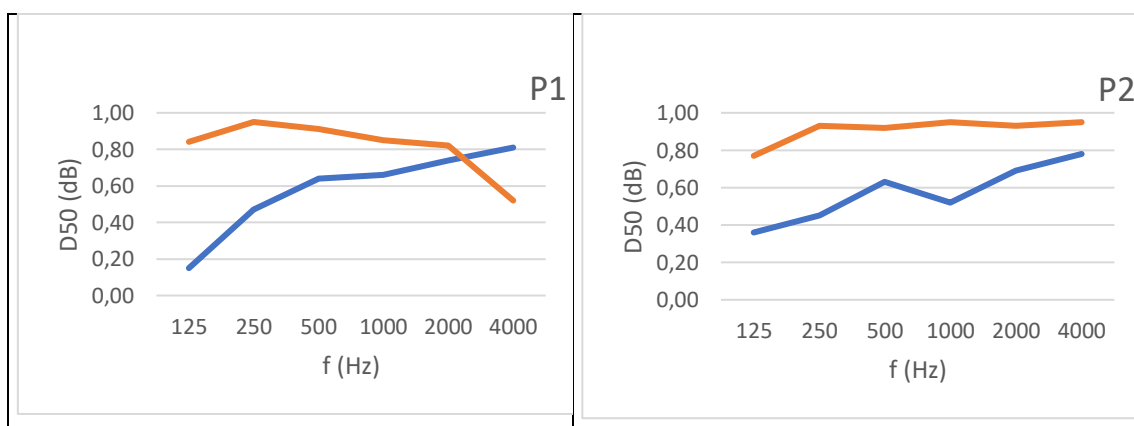
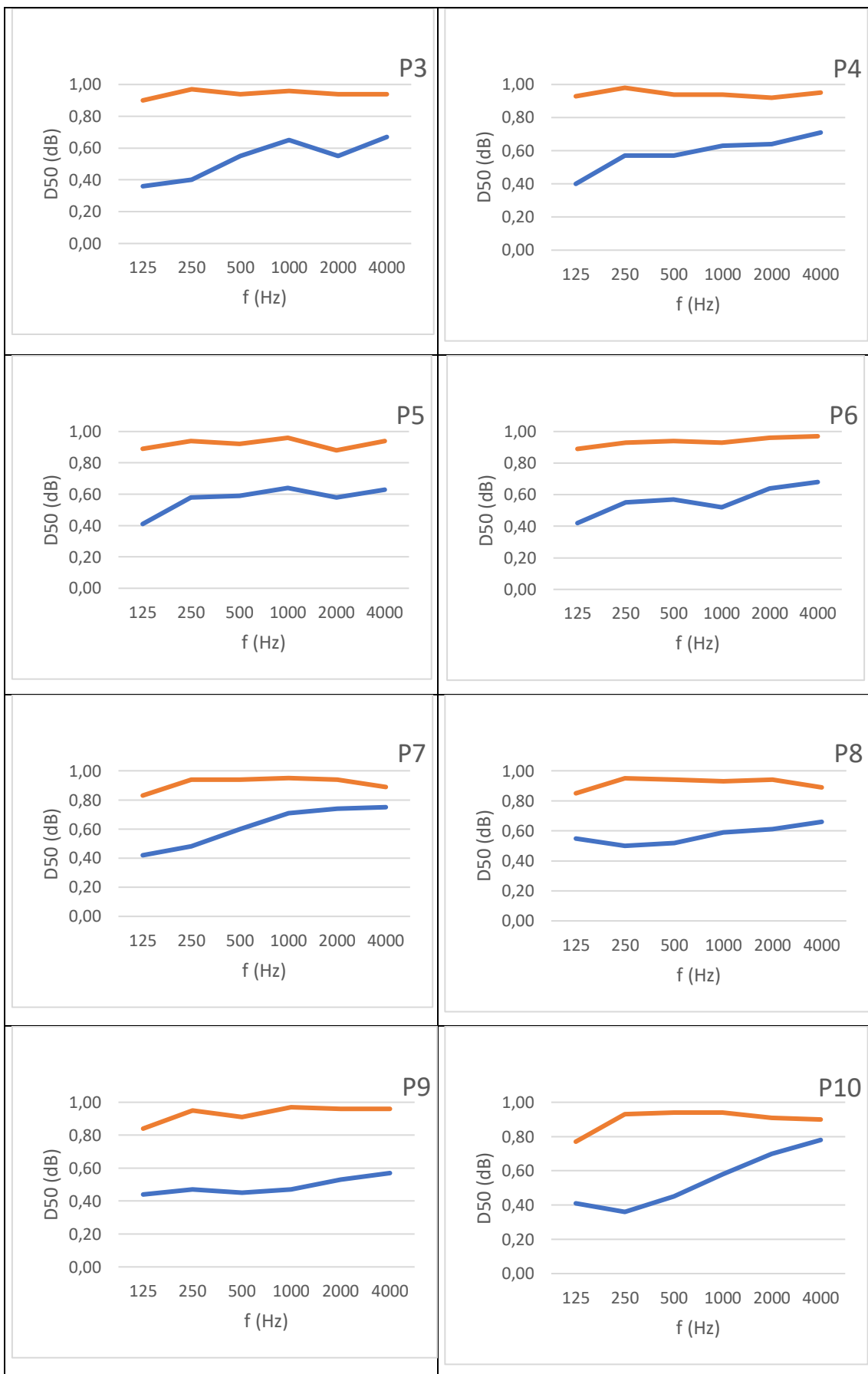


Figura 29: Valores de definição na fonte 1 para cada posição de receptor de 1 a 10.

Na Figura 30 são apresentados os resultados comparativos do índice de definição para cada posição de receptor (1 a 10) com a fonte posicionada no ponto 2. A curva em azul refere a condição com cobertura e a curva em vermelho a condição sem cobertura.





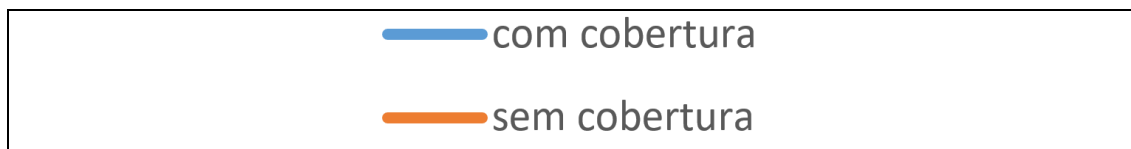


Figura 30: Valores de índice de clareza na fonte 2 para cada posição de receptor de 1 a 10.

Os valores medidos após a construção da cobertura metálica foram inferiores aos medidos antes dessa construção, exceto para o ponto 1 com emissão na fonte 2 para frequências superiores a 2000 Hz. Além disso, há uma tendência no aumento do índice de definição de acordo com o aumento da frequência para o Teatro com e sem cobertura.

6. Conclusões

É evidente que a implementação da cobertura metálica do Teatro de Arena gerou algumas implicações acústicas insatisfatórias com relação à Definição, Clareza, Tempo de Reverberação, Transmissão da Fala e Índice de Decaimento Inicial. Depois da construção da cobertura houve um acréscimo da quantidade de ondas sonoras refletidas. Com isso, houve também um aumento no Tempo de Reverberação e no Tempo Inicial de Decaimento e uma diminuição da Clareza, da Definição e da Transmissão da Fala.

7. Referências bibliográficas

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 3382-1**. Medição de parâmetros de acústica de salas. Parte 1: Salas de espetáculos. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12179**. Tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16313**. Acústica - Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- BROCKETT, O. G. **History of the Theatre 9th edition**. USA, 2003.
- DURANT, W. **The Renaissance**. EUA, 1994.
- FIGUEIREDO, F. L. **Parâmetros Acústicos Subjetivos: Critérios para Avaliação da Qualidade Acústica de Salas de Música**. USP – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.
- GONÇALVES, V. de S. B; da SILVA, L. B; COUTINHO, A. S. **Ruído como agente comprometedor da inteligibilidade de fala dos professores**. UFPB – Universidade Federal da Paraíba. Paraíba, 2009.
- ISSAMO, B. **Avaliação Acústica de Espaços Abertos: O Caso do Teatro de Arena da Unicamp**. Relatório de Iniciação Científica. UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2017.

MAIORINO, A. V; LEITE, J. C. C. V; BERTOLI, S. R. **Caracterização Acústica de Espaço Aberto com Concha Acústica: O Caso do Auditório Beethoven.** XXVII Encontro Sobrac Sociedade Brasileira de Acústica. Brasília - DF, 2017.

MAIORINO, A. V. **Influência Acústica de Concha Orquestral na Área da Plateia de Teatro de Múltiplo Uso.** UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2013.

VITRÚVIO, M. P. **Tratado de Arquitetura.** I a.C.

**APÊNDICE A – TABELAS DOS RESULTADOS OBTIDOS COM A
COBERTURA METÁLICA**

EDT (s)										
f(Hz)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
125	2,73	2,30	2,72	2,22	1,73	1,99	1,78	2,01	1,90	1,84
250	2,23	1,40	2,22	1,45	2,07	1,53	2,04	1,70	1,27	1,50
500	1,53	1,38	1,60	1,37	1,50	1,27	1,55	1,22	1,33	1,06
1000	1,27	1,21	1,27	1,21	1,48	1,24	1,37	1,08	1,17	1,32
2000	1,15	0,95	1,13	0,94	1,00	1,00	1,12	1,02	0,98	0,90
4000	1,02	0,80	1,01	0,79	1,01	0,96	0,90	0,94	0,83	0,90

Tabela 4: Valores medidos de EDT referentes à fonte 1 no Teatro de Arena da Unicamp.

EDT (s)						
f(Hz)	P11	P12	P13	P14	P15	P16
125	2,02	2,19	2,25	2,23	1,69	2,10
250	2,05	1,75	1,92	2,23	1,75	1,89
500	1,32	1,08	1,57	1,29	1,30	1,45
1000	1,03	1,14	1,14	1,18	1,21	0,99
2000	0,92	0,96	1,14	1,13	1,06	1,05
4000	0,84	1,02	0,98	1,12	1,00	1,03

Tabela 5: Valores medidos de EDT referentes à fonte 1 no Teatro de Arena da Unicamp.

C80 (dB)										
f(Hz)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
125	0,80	0,37	1,01	0,56	-2,00	0,01	-1,91	-1,44	-1,85	-0,51
250	0,36	2,78	0,55	2,68	-0,03	-0,09	-0,24	1,62	2,73	3,54
500	1,99	1,34	1,97	1,35	1,91	1,86	1,97	2,90	2,64	4,25
1000	4,16	4,51	4,08	4,81	1,93	3,63	2,56	4,04	2,69	1,91
2000	1,93	6,27	2,07	6,47	4,19	6,05	3,92	2,01	3,98	3,18
4000	4,04	6,54	4,26	6,85	5,16	6,52	5,41	3,51	5,22	4,26

Tabela 6: Valores medidos de C80 referentes à fonte 1 no Teatro de Arena da Unicamp.

C80 (dB)						
f(Hz)	P11	P12	P13	P14	P15	P16
125	0,21	-0,19	-0,02	1,33	1,42	1,49
250	-0,12	0,49	0,47	0,48	-0,04	0,22
500	1,09	0,81	0,83	2,68	0,88	1,61
1000	3,89	3,74	1,25	1,80	2,75	2,08
2000	3,64	5,32	3,45	2,36	4,51	1,92
4000	5,53	5,01	4,09	3,44	5,16	3,30

Tabela 7: Valores medidos de C80 referentes à fonte 1 no Teatro de Arena da Unicamp.

D50 (dB)										
f(Hz)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
125	0,39	0,40	0,40	0,41	0,32	0,42	0,31	0,35	0,17	0,40
250	0,41	0,62	0,41	0,61	0,38	0,36	0,38	0,48	0,61	0,57
500	0,54	0,48	0,53	0,49	0,53	0,43	0,54	0,51	0,51	0,59
1000	0,60	0,67	0,57	0,68	0,50	0,56	0,53	0,60	0,51	0,47
2000	0,50	0,69	0,48	0,69	0,60	0,73	0,60	0,44	0,59	0,53
4000	0,57	0,74	0,61	0,75	0,66	0,73	0,65	0,52	0,66	0,57

Tabela 8: Valores medidos de D50 referentes à fonte 1 no Teatro de Arena da Unicamp.

D50 (dB)						
f(Hz)	P11	P12	P13	P14	P15	P16
125	0,43	0,37	0,39	0,48	0,48	0,45
250	0,37	0,42	0,45	0,42	0,38	0,38
500	0,45	0,43	0,49	0,50	0,40	0,42
1000	0,62	0,52	0,35	0,42	0,54	0,40
2000	0,55	0,65	0,57	0,53	0,64	0,48
4000	0,62	0,66	0,61	0,53	0,67	0,53

Tabela 9: Valores medidos de D50 referentes à fonte 1 no Teatro de Arena da Unicamp.

T20 (s)										
f(Hz)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
125	2,04	2,09	2,13	2,06	2,06	1,65	1,89	1,75	2,26	1,93
250	1,70	2,09	1,71	2,07	1,83	1,92	1,83	1,92	2,14	1,63
500	1,86	1,61	1,91	1,64	1,54	1,46	1,56	1,70	1,85	1,40
1000	1,43	1,30	1,50	1,34	1,34	1,18	1,35	1,39	1,27	1,25
2000	1,08	1,13	1,06	1,02	1,21	1,18	1,07	1,00	1,11	1,02
4000	0,94	0,97	1,00	0,92	1,09	1,09	0,93	0,98	0,98	0,98

Tabela 10: Valores medidos de TR20 referentes à fonte 1 no Teatro de Arena da Unicamp.

T20 (s)						
f(Hz)	P11	P12	P13	P14	P15	P16
125	2,04	1,99	2,17	2,12	1,69	1,83
250	1,69	1,79	2,14	1,89	1,93	1,87
500	1,59	1,78	1,80	1,87	1,58	1,64
1000	1,25	1,09	1,31	1,33	1,45	1,41
2000	0,95	1,04	1,18	1,17	1,11	1,12
4000	1,00	1,06	1,05	1,06	1,02	1,07

Tabela 11: Valores medidos de TR20 referentes à fonte 1 no Teatro de Arena da Unicamp.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16
STI	0,63	0,61	0,57	0,59	0,61	0,61	0,61	0,57	0,54	0,59	0,53	0,53	0,53	0,53	0,54	0,59

Tabela 12: Valores medidos de STI referentes à fonte 2 no Teatro de Arena da Unicamp.

EDT (s)										
f(Hz)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
125	2,17	1,98	2,11	2,40	2,26	2,28	2,36	2,28	1,79	1,90
250	1,71	1,70	2,17	1,70	1,41	1,61	1,96	1,66	1,77	1,60
500	1,14	1,82	1,64	1,45	1,44	1,29	1,18	1,34	1,28	1,45
1000	0,96	1,51	1,04	1,27	0,99	1,10	1,09	1,27	1,18	1,29
2000	0,74	1,26	0,97	0,95	0,84	0,88	0,92	1,00	1,05	0,93
4000	0,62	0,83	0,92	0,79	0,84	0,76	0,91	0,88	0,86	0,89

Tabela 13: Valores medidos de EDT referentes à fonte 2 no Teatro de Arena da Unicamp.

EDT (s)						
f(Hz)	P11	P12	P13	P14	P15	P16
125	1,99	1,70	2,16	1,87	2,11	2,37
250	1,81	1,40	1,72	2,09	1,96	2,41
500	1,68	1,05	1,30	1,57	1,53	1,76
1000	1,30	0,97	1,29	1,49	1,23	1,32
2000	1,09	1,14	1,09	1,18	1,13	0,96
4000	1,07	0,96	0,96	1,02	0,98	0,91

Tabela 14: Valores medidos de EDT referentes à fonte 2 no Teatro de Arena da Unicamp.

C80 (dB)										
f(Hz)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
125	1,64	-1,10	0,20	-1,06	-0,41	0,15	0,96	1,78	0,84	0,28
250	2,06	0,00	-0,15	3,27	2,94	2,81	0,34	1,85	1,82	-0,33
500	3,97	3,62	2,71	3,23	3,36	4,02	2,68	1,71	1,34	1,68
1000	4,53	1,82	4,57	3,89	5,25	2,98	5,30	2,93	2,00	3,19
2000	7,10	4,94	4,22	4,89	4,37	5,42	6,37	4,14	2,92	5,62
4000	7,96	7,41	5,54	6,27	5,08	6,15	6,76	5,05	4,81	7,49

Tabela 15: Valores medidos de C80 referentes à fonte 2 no Teatro de Arena da Unicamp.

C80 (dB)						
f(Hz)	P11	P12	P13	P14	P15	P16
125	0,41	-0,24	-1,43	1,17	2,09	0,46
250	0,25	-0,54	-0,43	0,50	0,57	0,40
500	-0,14	1,84	1,11	0,89	1,27	3,68
1000	1,64	4,02	0,19	1,59	3,04	4,03
2000	3,30	3,51	1,30	2,17	2,92	4,43
4000	3,88	3,59	2,50	3,98	4,06	5,21

Tabela 16: Valores medidos de C80 referentes à fonte 2 no Teatro de Arena da Unicamp.

D50 (dB)										
f(Hz)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
125	0,15	0,36	0,36	0,40	0,41	0,42	0,42	0,55	0,44	0,41
250	0,47	0,45	0,40	0,57	0,58	0,55	0,48	0,50	0,47	0,36
500	0,64	0,63	0,55	0,57	0,59	0,57	0,60	0,52	0,45	0,45
1000	0,66	0,52	0,65	0,63	0,64	0,52	0,71	0,59	0,47	0,58
2000	0,74	0,69	0,55	0,64	0,58	0,64	0,74	0,61	0,53	0,70
4000	0,81	0,78	0,67	0,71	0,63	0,68	0,75	0,66	0,57	0,78

Tabela 17: Valores medidos de D50 referentes à fonte 2 no Teatro de Arena da Unicamp.

D50 (dB)						
f(Hz)	P11	P12	P13	P14	P15	P16
125	0,48	0,25	0,24	0,50	0,53	0,44
250	0,45	0,40	0,36	0,47	0,40	0,46
500	0,40	0,33	0,38	0,44	0,46	0,61
1000	0,46	0,49	0,34	0,48	0,56	0,66
2000	0,57	0,52	0,43	0,50	0,49	0,63
4000	0,58	0,54	0,47	0,59	0,60	0,69

Tabela 18: Valores medidos de D50 referentes à fonte 2 no Teatro de Arena da Unicamp.

T20 (s)										
f(Hz)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
125	2,14	2,05	2,14	2,16	1,75	2,08	1,94	2,16	1,83	1,80
250	1,71	1,77	1,46	1,54	1,92	1,85	1,65	2,09	2,09	1,77
500	1,78	1,93	1,73	1,48	1,72	1,43	1,76	1,77	1,85	1,35
1000	1,36	1,38	1,41	1,46	1,34	1,42	1,30	1,25	1,24	1,12
2000	1,04	1,13	1,12	1,17	1,06	1,14	1,11	1,09	1,02	0,99
4000	0,95	1,01	1,06	0,98	0,97	0,96	0,96	1,02	0,97	0,93

Tabela 19: Valores medidos de TR20 referentes à fonte 2 no Teatro de Arena da Unicamp.

T20 (s)						
f(Hz)	P11	P12	P13	P14	P15	P16
125	1,60	2,06	2,05	1,77	2,03	1,83
250	1,91	1,62	1,63	1,90	1,60	1,72
500	1,70	1,40	1,55	1,75	1,82	1,72
1000	1,19	1,40	1,22	1,28	1,46	1,42
2000	1,04	1,13	1,22	1,09	1,23	1,05
4000	0,98	1,04	1,03	1,03	1,04	1,00

Tabela 20: Valores medidos de TR20 referentes à fonte 2 no Teatro de Arena da Unicamp.

**ANEXO A – TABELAS DOS RESULTADOS OBTIDOS SEM A
COBERTURA METÁLICA**

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16
STI	0,84	0,84	0,77	0,79	0,81	0,83	0,84	0,81	0,83	0,8	0,86	0,82	0,86	0,79	0,79	0,82

Tabela 21: Valores medidos de STI referentes à fonte 1 no Teatro de Arena da Unicamp sem a cobertura.

T20 (s)										
f(Hz)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
125	0,41	0,49	0,48	„37	0,52	0,57	0,55	0,50	0,58	0,49
250	0,45	0,38	0,45	0,40	0,37	0,58	0,53	.39	0,52	0,48
500	0,50	0,35	0,44	0,53	0,37	0,40	0,52	0,36	0,51	0,34
1000	0,50	0,46	0,50	0,50	0,65	0,51	0,49	0,45	0,50	0,51
2000	0,45	0,41	0,41	0,54	0,50	0,50	0,61	0,50	0,47	0,50
4000	0,40	0,37	0,42	0,44	0,34	0,38	0,58	0,46	0,50	0,53

Tabela 22: Valores medidos de TR20 referentes à fonte 1 no Teatro de Arena da Unicamp sem a cobertura.

EDT (s)										
f(Hz)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
125	0,66	0,69	0,57	0,58	0,60	0,60	0,60	0,59	0,57	0,61
250	0,20	0,22	0,25	0,42	0,25	0,48	0,20	0,55	0,17	0,47
500	0,48	0,51	0,30	0,48	0,39	0,58	0,55	0,52	0,50	0,54
1000	0,53	0,64	0,55	0,53	0,53	0,53	0,43	0,51	0,33	0,51
2000	0,30	0,33	0,66	0,51	0,80	0,40	0,56	0,62	0,62	0,51
4000	0,27	0,49	0,70	1,19	0,79	0,38	0,55	0,78	0,57	0,33

Tabela 23: Valores medidos de EDT referentes à fonte 1 no Teatro de Arena da Unicamp sem a cobertura.

C80 (dB)										
f(Hz)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
125	8,10	8,09	9,05	8,08	8,89	7,85	9,75	12,27	9,49	9,85
250	16,73	16,02	14,53	12,72	15,02	13,36	15,91	18,73	17,89	18,51
500	13,69	13,29	14,05	12,68	13,71	12,49	12,03	14,39	13,90	15,01
1000	12,91	12,57	13,79	12,65	12,94	12,26	11,62	11,39	15,11	13,79
2000	15,05	14,30	10,44	12,59	9,27	12,86	9,15	10,87	11,66	13,27
4000	18,15	16,41	8,27	8,46	9,18	12,93	7,73	9,10	11,70	12,63

Tabela 24: Valores medidos de C80 referentes à fonte 1 no Teatro de Arena da Unicamp sem a cobertura.

D50 (dB)										
f(Hz)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
125	0,69	0,74	0,79	0,79	0,79	0,76	0,67	0,73	0,70	0,78
250	0,95	0,92	0,93	0,92	0,94	0,92	0,93	0,88	0,93	0,89
500	0,88	0,88	0,91	0,88	0,90	0,86	0,90	0,88	0,89	0,87
1000	0,89	0,87	0,90	0,89	0,90	0,89	0,93	0,91	0,92	0,90
2000	0,94	0,91	0,82	0,89	0,81	0,91	0,87	0,87	0,88	0,90
4000	0,95	0,96	0,79	0,85	0,86	0,93	0,90	0,81	0,91	0,93

Tabela 25: Valores medidos de D50 referentes à fonte 1 no Teatro de Arena da Unicamp sem a cobertura.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16
STI	0,84	0,84	0,77	0,79	0,81	0,83	0,84	0,81	0,83	0,8	0,86	0,82	0,86	0,79	0,79	0,82

Tabela 26: Valores medidos de STI referentes à fonte 2 no Teatro de Arena da Unicamp sem a cobertura.

T20 (s)										
f(Hz)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
125	1,19	0,58	0,74	0,74	0,53	0,72	0,69	0,57	0,68	0,64
250	0,39	0,52	0,50	0,50	0,47	0,51	0,47	0,47	0,45	0,43
500	0,74	0,63	0,52	0,48	0,54	0,52	0,63	0,55	0,53	0,48
1000	0,39	0,63	0,45	0,48	0,61	0,63	0,80	0,28	0,28	0,60
2000	0,36	0,50	0,50	0,49	0,57	0,56	0,63	0,52	0,52	0,59
4000	0,32	0,51	0,46	0,47	0,50	0,58	0,58	0,69	0,52	0,58

Tabela 27: Valores medidos de T20 referentes à fonte 2 no Teatro de Arena da Unicamp sem a cobertura.

EDT (s)										
f(Hz)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
125	0,42	0,66	0,27	0,18	0,3	0,31	0,42	0,35	0,39	0,52
250	0,36	0,32	0,07	0,17	0,39	0,27	0,27	0,23	0,15	0,54
500	0,38	0,45	0,29	0,36	0,48	0,34	0,21	0,17	0,49	0,48
1000	0,44	0,2	0,38	0,41	0,33	0,64	0,28	0,34	0,29	0,51
2000	0,48	0,47	0,27	0,29	0,44	0,18	0,38	0,18	0,27	0,39
4000	0,59	0,22	0,29	0,29	0,27	0,18	0,27	0,37	0,21	0,41

Tabela 28: Valores medidos de EDT referentes à fonte 2 no Teatro de Arena da Unicamp sem a cobertura.

C80 (dB)										
f(Hz)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
125	10,79	7,99	13,27	14,51	11,87	12,53	11,23	12,30	13,14	8,68
250	17,23	18,14	18,57	18,76	15,99	17,19	14,21	17,30	16,67	15,34
500	15,28	14,66	14,82	17,08	15,07	17,78	15,39	16,36	13,77	15,54
1000	12,61	15,56	17,58	15,09	15,08	15,56	14,97	13,70	18,35	15,18
2000	12,72	15,45	14,91	14,88	11,77	17,85	16,28	14,39	16,56	12,80
4000	7,94	17,28	15,18	16,01	14,70	19,55	15,75	11,84	15,84	12,20

Tabela 29: Valores medidos de C80 referentes à fonte 2 no Teatro de Arena da Unicamp sem a cobertura.

D50 (dB)										
f(Hz)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
125	0,84	0,77	0,90	0,93	0,89	0,89	0,83	0,85	0,84	0,77
250	0,95	0,93	0,97	0,98	0,94	0,93	0,94	0,95	0,95	0,93
500	0,91	0,92	0,94	0,94	0,92	0,94	0,94	0,94	0,91	0,94
1000	0,85	0,95	0,96	0,94	0,96	0,93	0,95	0,93	0,97	0,94
2000	0,82	0,93	0,94	0,92	0,88	0,96	0,94	0,94	0,96	0,91
4000	0,52	0,95	0,94	0,95	0,94	0,97	0,89	0,89	0,96	0,90

Tabela 30: Valores medidos de D50 referentes à fonte 2 no Teatro de Arena da Unicamp sem a cobertura.

T20 (s)										
f(Hz)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
125	1,19	0,58	0,74	0,74	0,53	0,72	0,69	0,57	0,68	0,64
250	0,39	0,52	0,50	0,50	0,47	0,51	0,47	0,47	0,45	0,43
500	0,74	0,63	0,52	0,48	0,54	0,52	0,63	0,55	0,53	0,48
1000	0,39	0,63	0,45	0,48	0,61	0,63	0,80	0,28	0,28	0,60
2000	0,36	0,50	0,50	0,49	0,57	0,56	0,63	0,52	0,52	0,59
4000	0,32	0,51	0,46	0,47	0,50	0,58	0,58	0,69	0,52	0,58

Tabela 31: Valores medidos de TR20 referentes à fonte 2 no Teatro de Arena da Unicamp sem a cobertura.