

RELATÓRIO TÉCNICO  
SONORIZAÇÃO CENTRO DE INOVAÇÃO CRICIÚMA CRIO



Centro de  
Inovação  
Criciúma

CRIO

©Brisen Broadcast 2025

Outubro de 2025  
EZEQUIEL FIDELIS ENG. ELETRICISTA [CREA 171660-7]  
BRISEN® BROADCAST LTDA  
WWW.BRISEN.COM.BR

Este documento técnico foi elaborado exclusivamente para a UNESC - Universidade do Extremo Sul Catarinense. Todas as informações contidas neste documento são de fontes oficiais e avaliadas pelo Eng. Ezequiel Fidelis. Não sendo permitido o uso, cópia ou divulgação do todo ou parte do conteúdo, para qualquer outro propósito que não o de avaliação para o projeto.

## RESUMO

No contexto do novo ecossistema de inovação e tecnologia do Sul Catarinense, o Centro de Inovação de Criciúma (CRIO) emerge como um polo central de eventos, conferências e articulação empresarial. A qualidade da comunicação neste ambiente torna-se, portanto, um fator estratégico e não apenas funcional.

É neste cenário que se insere o projeto de engenharia e instalação do sistema de sonorização do Auditório do CRIO. Longe de ser uma simples montagem de equipamentos, esta iniciativa representa a convergência entre a acústica arquitetônica, a engenharia de áudio de alta performance e a demanda por inteligibilidade e impacto em eventos.

Este projeto buscou a excelência através de uma metodologia rigorosa: desde a integração de um **projeto elétrico dedicado** – crucial para a integridade do sinal – até a **simulação acústica 3D precisa**, que garantiu a cobertura sonora ideal e a pressão sonora uniforme, mitigando problemas ambientais antes da instalação física.

Ao implementar soluções de áudio profissional, como *Line Arrays* e processamento digital avançado (*DriveRack*), seguido de uma calibração meticulosa e alinhamento temporal, o objetivo foi criar um sistema robusto e versátil.

O resultado é um ambiente que suporta desde palestras com clareza cristalina até performances multimídia complexas.

Ao adotar essa abordagem de engenharia detalhada, buscamos não apenas equipar o Auditório do CRIO com um sistema de som funcional, mas sim garantir que a Unesc, como gestora do CRIO, e seus parceiros, estejam à frente na qualidade de seus eventos, pavimentando o caminho para a excelência na comunicação em um cenário de inovação constante.

**LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Figura 1 - Projeto Elétrico .....	13
Figura 2 - Detalhamento Sonorização .....	14
Figura 3 - Predição acústica em 800Hz (3 Oitavas )  Vista Superior .....	15
Figura 4 - Predição Acústica em 800Hz (3 Oitavas )  Vista Lateral .....	15
Figura 5 - Gráfico de Distribuição Simulação Acústica CRIO .....	16
Figura 6 - Suspensão Caixas de Line Array .....	19
Figura 7 – Modelo Dimensões e Peso : Line Array   Point Source .....	20
Figura 8 - Fixação Torre Line Array .....	21
Figura 9 - Torre Line Array Suspensa .....	22
Figura 10 - Point Source Suspenso .....	22
Figura 11 - Sonorização Auditório Crio .....	23
Figura 12 - Processamento Digital de Áudio CRIO .....	25
Figura 13 - Arranjo de subwoofer no modo cardioide .....	27

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
1.1	OBJETIVO .....	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
<b>2</b>	<b>ETAPA DE PROJETO E ENGENHARIA .....</b>	<b>13</b>
2.1	PLANTA BAIXA TÉCNICA COM DETALHAMENTO DE REDE ELÉTRICA, SONORIZAÇÃO E CABEAMENTO .....	13
2.2	PROJETO E SIMULAÇÃO EM SOFTWARE ACÚSTICO.....	14
	A MODELAGEM 3D DO AMBIENTE PERMITIU A OTIMIZAÇÃO DA PERFORMANCE ACÚSTICA ANTES DA INSTALAÇÃO FÍSICA.....	14
2.2.1	Gráfico de Distribuição de Nível de Pressão Sonora (SPL). .....	16
2.2.2	Conclusão do Projeto e Simulação acústica.....	18
<b>3</b>	<b>MONTAGEM E SUSPENSÃO DAS CAIXAS DE SOM .....</b>	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>ETAPA FINAL DA INSTALAÇÃO .....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>COMISSIONAMENTO E OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA .....</b>	<b>25</b>
5.1	CALIBRAÇÃO E CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA .....	25
3.2.	OTIMIZAÇÃO FINAL DO SISTEMA .....	26
<b>6</b>	<b>INFORMAÇÃO TÉCNICA COMPLEMENTAR.....</b>	<b>27</b>
6.1	SUBWOOFER POSIÇÃO/CONFIGURAÇÃO: MODO CARDIÓIDE.....	27
6.2	CONCEITO FÍSICO.....	28

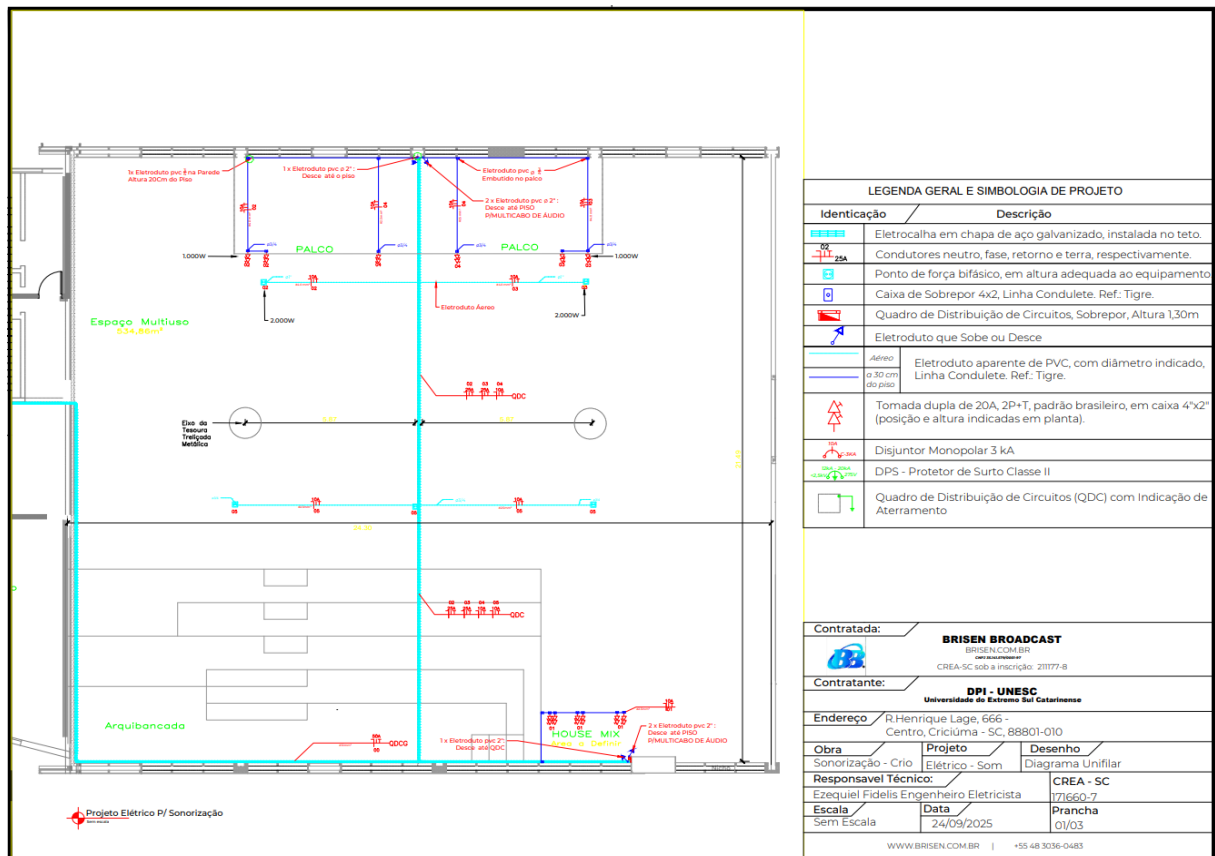
# 1 ETAPA DE PROJETO E ENGENHARIA

O planejamento detalhado da infraestrutura elétrica foi fundamental para garantir a estabilidade e a qualidade do sinal de áudio, minimizando ruídos e interferências.

## 1.1 PLANTA BAIXA TÉCNICA COM DETALHAMENTO DE REDE ELÉTRICA, SONORIZAÇÃO E CABEAMENTO

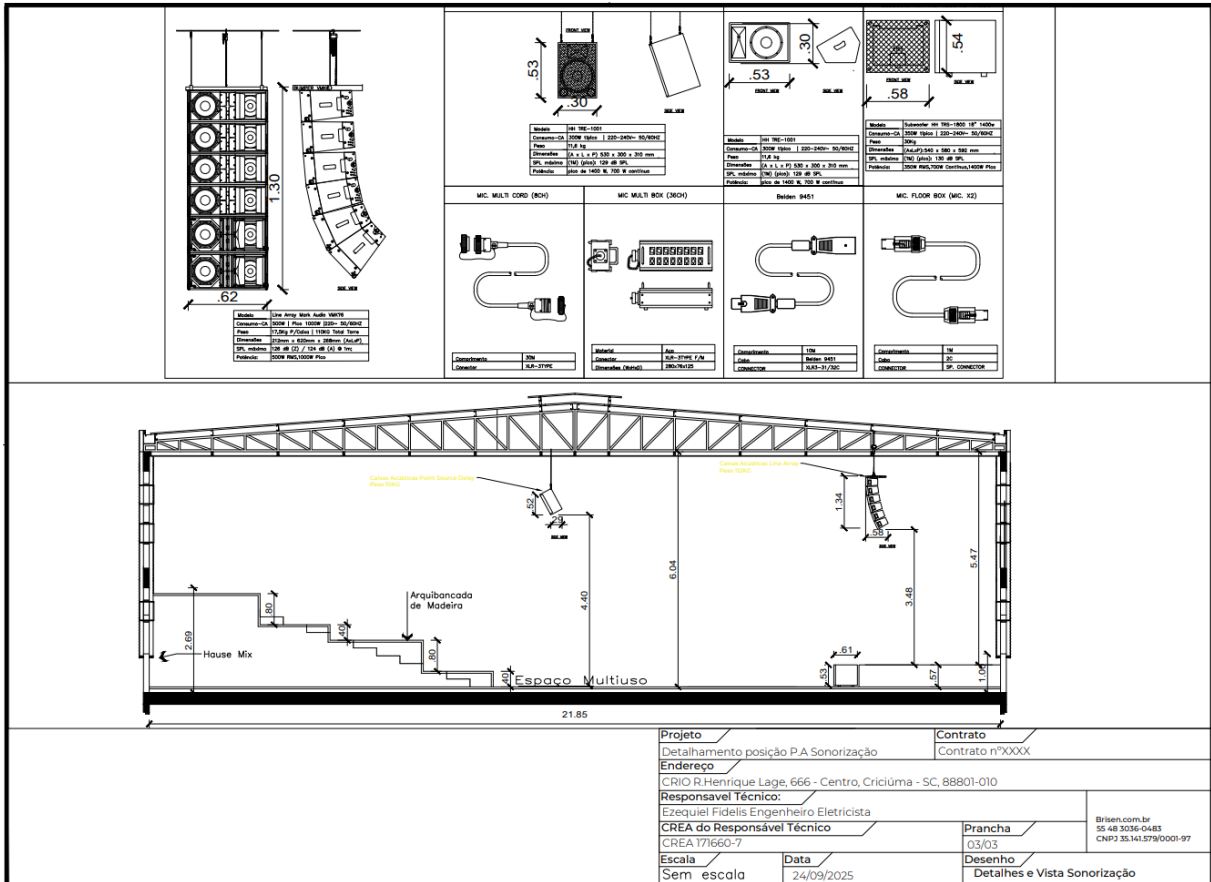
Aspecto	Detalhamento Chave
Rede Elétrica	Pontos de energia dedicados e estabilizados para o a Hause Mix Amplificação e a Mesa de Som, com circuitos exclusivos para áudio e aterramento (sistema na mesma fase) para evitar <i>loops</i> de terra e DDP.
Sonorização (Posicionamento)	Definição da posição dos <b>Line Arrays (L/R)</b> , <b>Subwoofers</b> e caixas <b>Point Source (Front Fill, Delay)</b> , visando a distribuição homogênea do som e a eliminação de zonas de sombra.
Cabeamento	Rotas de cabeamento de áudio (sinal) separadas das rotas de energia, conforme as normas técnicas, para evitar indução de ruído.

Figura 1 - Projeto Elétrico



Fonte: Brisen Broadcast 2025

Figura 2 - Detalhamento Sonorização



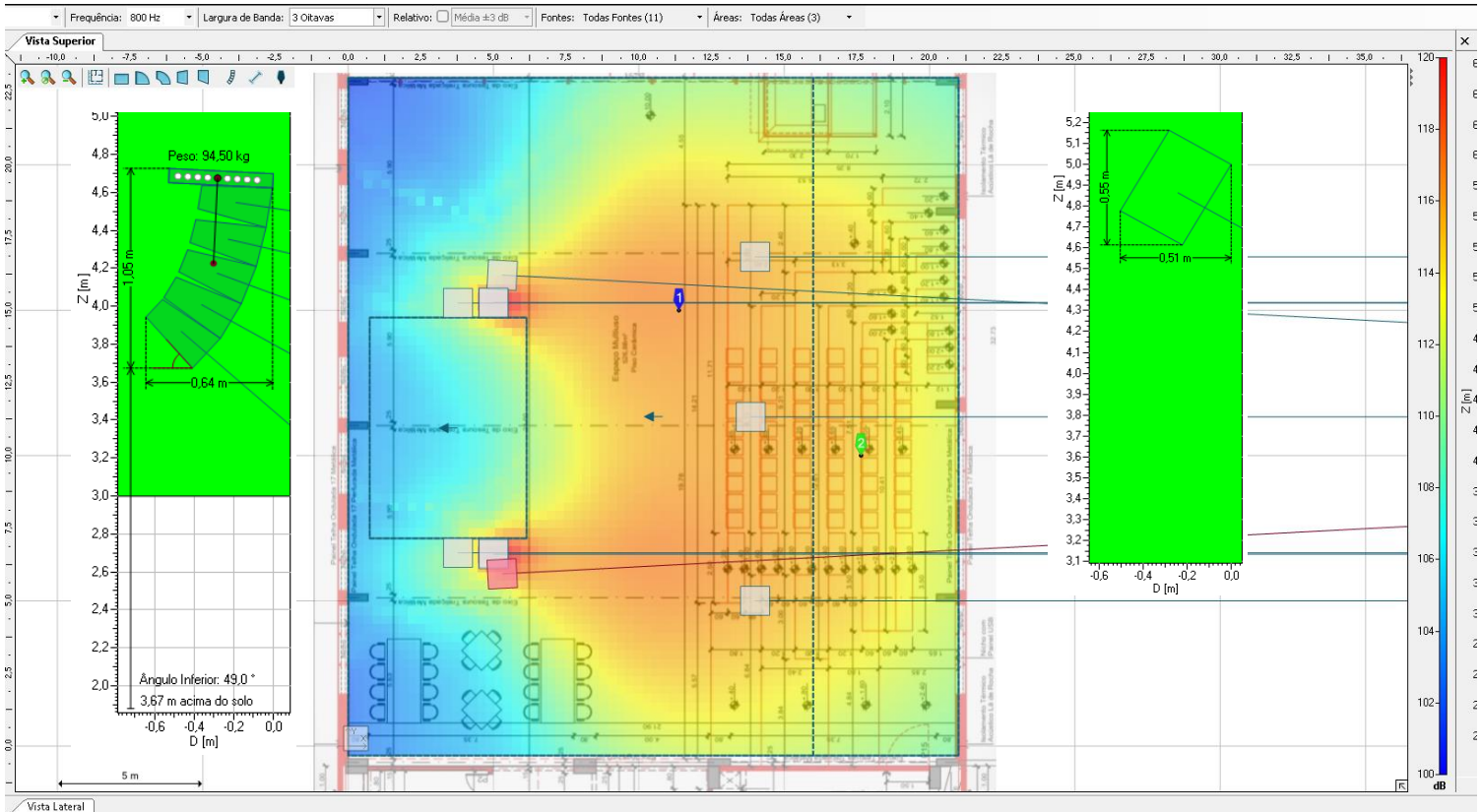
Fonte: Brisen 2025

## 1.2 PROJETO E SIMULAÇÃO EM SOFTWARE ACÚSTICO

A modelagem 3D do ambiente permitiu a otimização da performance acústica antes da instalação física.

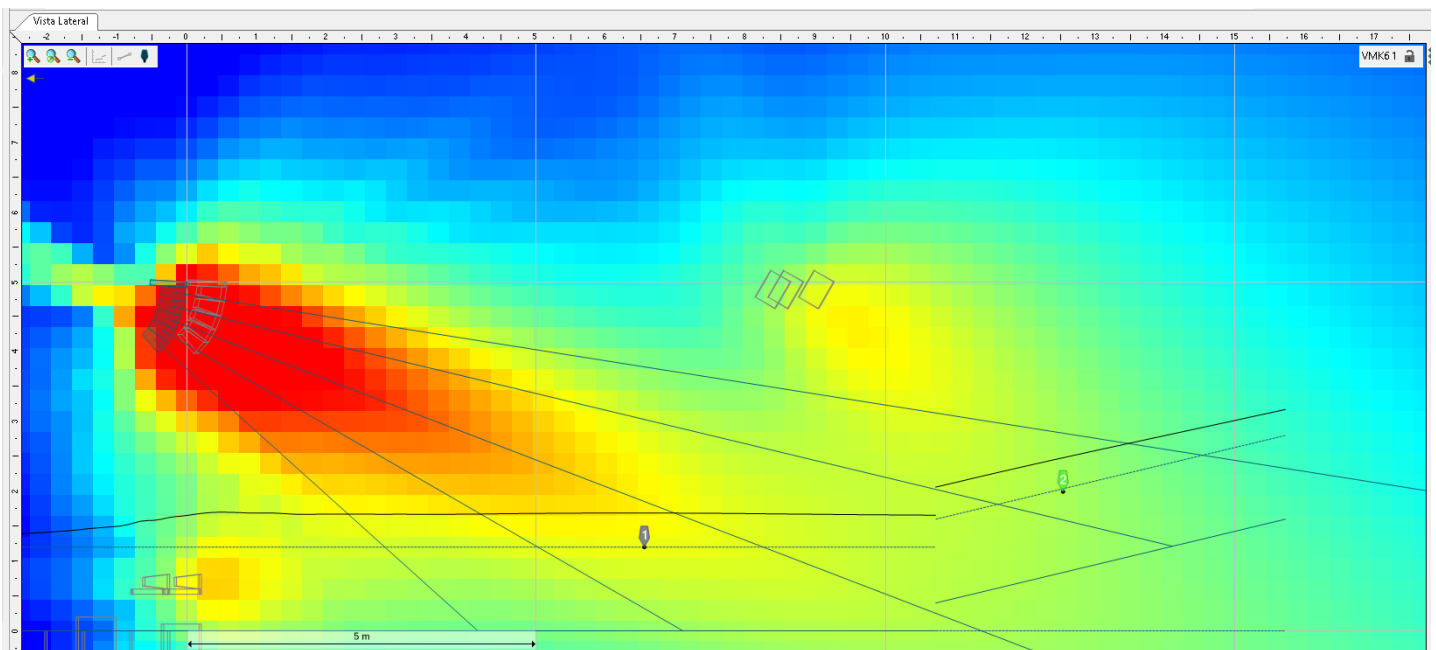
Parâmetro	Detalhe da Simulação
Software Utilizado	EASE Focus
Line Arrays	Definição do <i>splay</i> (angulação entre as caixas do array) e do <i>tilt</i> (inclinação geral do <i>array</i> ) para direcionar a energia sonora para a plateia e não para paredes ou teto.
Subwoofers	Simulação para otimizar o acoplamento das baixas frequências e o padrão de cobertura, minimizando acúmulo de energia (modos de sala).
Cobertura Sonora	Verificação da uniformidade da distribuição do Nível de Pressão Sonora (SPL) em todas as áreas do auditório.

Figura 3 - Predição acústica em 800Hz (3 Oitavas) | Vista Superior



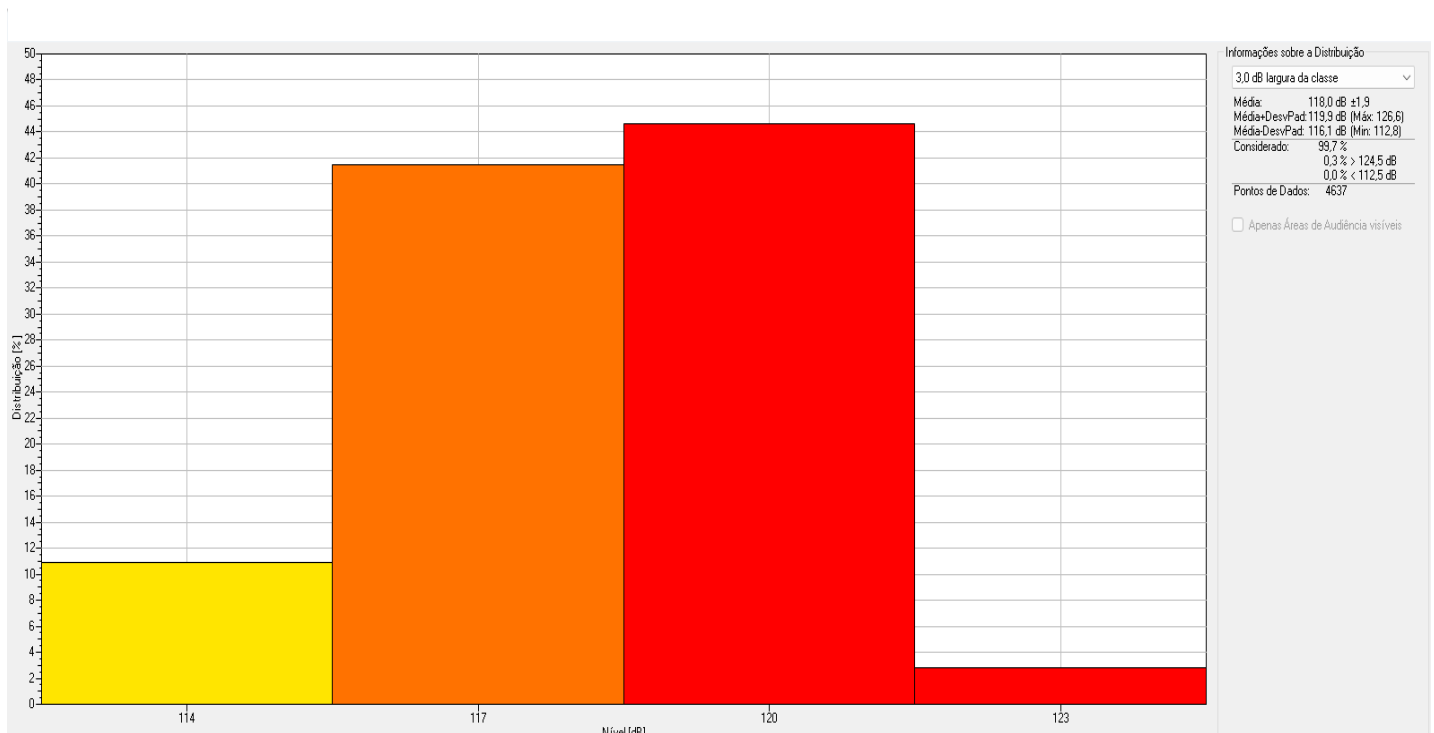
Fonte: Brisen 2025

Figura 4 - Predição Acústica em 800Hz (3 Oitavas) | Vista Lateral



Fonte: Brisen 2025

Figura 5 - Gráfico de Distribuição Simulação Acústica CRIO



Fonte: Brisen 2025

### 1.2.1 Gráfico de Distribuição de Nível de Pressão Sonora (SPL).

O gráfico apresentado é um Gráfico de Distribuição de Nível de Pressão Sonora (SPL), em banda larga.

Este gráfico é uma ferramenta estatística fundamental para avaliar a uniformidade da cobertura sonora do sistema de áudio no Auditório do CRIO.

#### Interpretação Detalhada do Gráfico

##### 1. Configuração e Eixos:

- Largura da Classe: 3.0 dB (conforme a informação no canto superior direito), o que agrupa os resultados em faixas amplas.
- Eixo X (Nível [dB]): Nível de Pressão Sonora. As classes estão centradas em 114 dB, 117 dB, 120 dB e 123 dB.
- Eixo Y (Distribuição [%]): Porcentagem da área de audiência que recebe o SPL da respectiva classe.

## 2. Análise da Distribuição (Histograma)

- O histograma mostra uma distribuição extremamente concentrada, o que é um indicativo de uniformidade:
- Faixa de 120 dB (Cor Vermelha): É a faixa dominante, cobrindo cerca de 44.5% da área total de audiência.
- Faixa de 117 dB (Cor Laranja): Cobre aproximadamente 42% da área.

Métrica	Valor	Interpretação
<b>Média</b>	118.0 dB	Nível médio de SPL em toda a área. Indica que o sistema tem a potência projetada.
<b>Desvio Padrão</b>	1.9 dB	<b>Métrica-chave da Uniformidade.</b> Um desvio padrão abaixo de 3 dB e especialmente 1.9 dB é um resultado de excelência. Significa que a variação de volume percebida pelo público é mínima.
<b>0.3% &lt; 124.5 dB</b>		Apenas 0.3% da área recebe SPL acima de 124.5 dB.
<b>0.001% &lt; 112.5</b>		<b>Nenhum</b> ponto de medição está abaixo de 112.5 dB. Isso confirma a completa ausência de "zonas de sombra" na área principal de audiência.
<b>Considerado</b>	99.7 %	A área de medição considerada na análise é quase total, o que valida os resultados.

### **1.2.2 Conclusão do Projeto e Simulação acústica.**

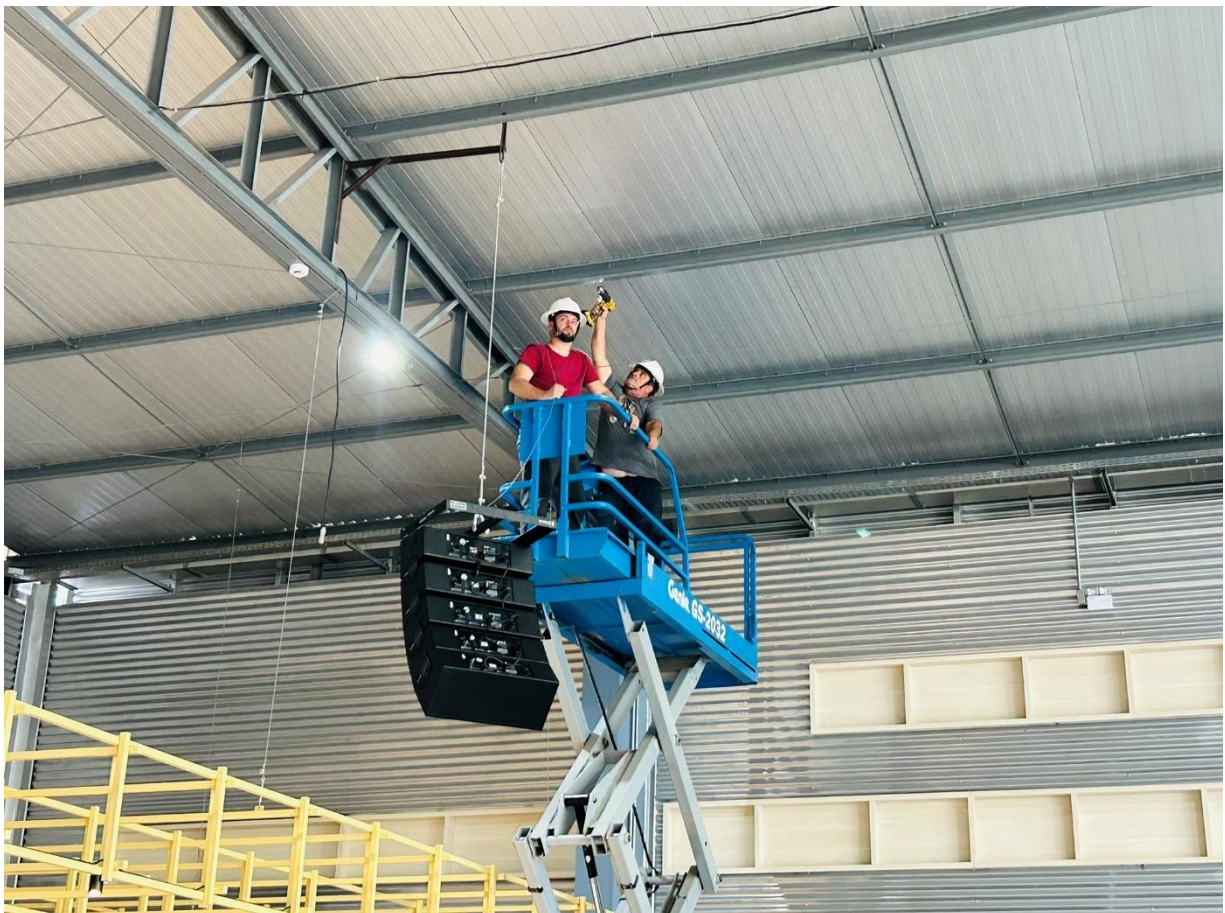
O gráfico confirma a excelente uniformidade do sistema de sonorização projetado para o Auditório do CRIIO. Com um **Desvio Padrão de apenas 1.9 dB**, o projeto garante que a variação de volume entre o ponto mais alto e o ponto mais baixo do auditório seja mínima, resultando em uma experiência auditiva coesa para todos os presentes. O nível médio de 118.0 dB indica que o sistema foi projetado para operar com alta pressão sonora, sugerindo que o sistema é adequado para eventos que exigem potência e impacto. Este resultado valida o posicionamento e angulação definidos na Etapa de Projeto e Simulação

## 2 MONTAGEM E SUSPENSÃO DAS CAIXAS DE SOM

A instalação física seguiu rigorosos padrões de segurança e as especificações de angulação obtidas na simulação.

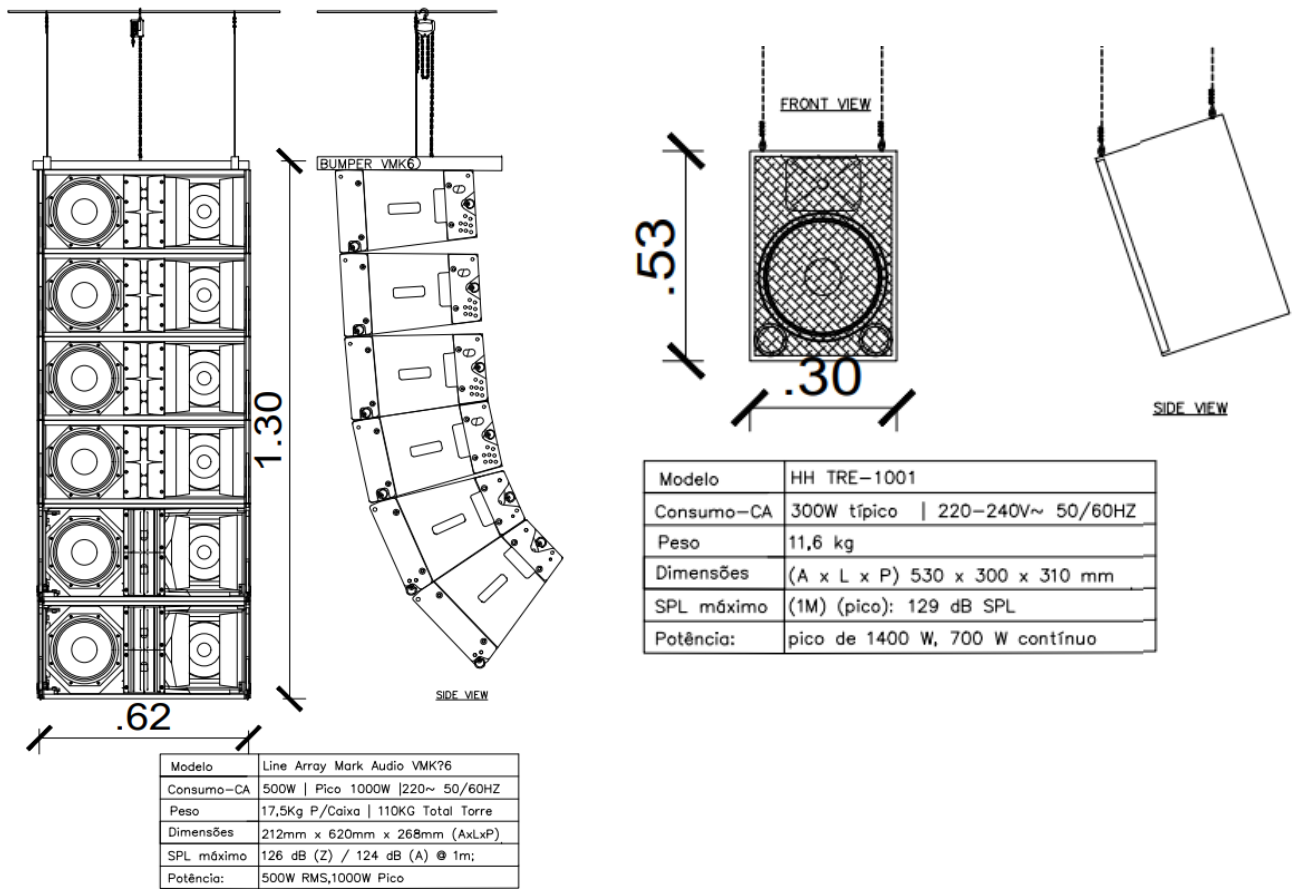
- **Suspensão:** Caixas de *Line Array* e *Point Source* foram suspensas utilizando suportes e *rigging points* de alta Qualidade.
- **Segurança:** Utilização de cabos de aço e manilhas de segurança dupla, conforme a NR-35, garantindo a integridade estrutural do sistema de suspensão.
- **Ajuste Fino:** As angulações finais (*splay* e *tilt*) foram ajustadas em campo para coincidir com os resultados da simulação.

Figura 6 - Suspensão Caixas de Line Array



Fonte: Brisen 2025

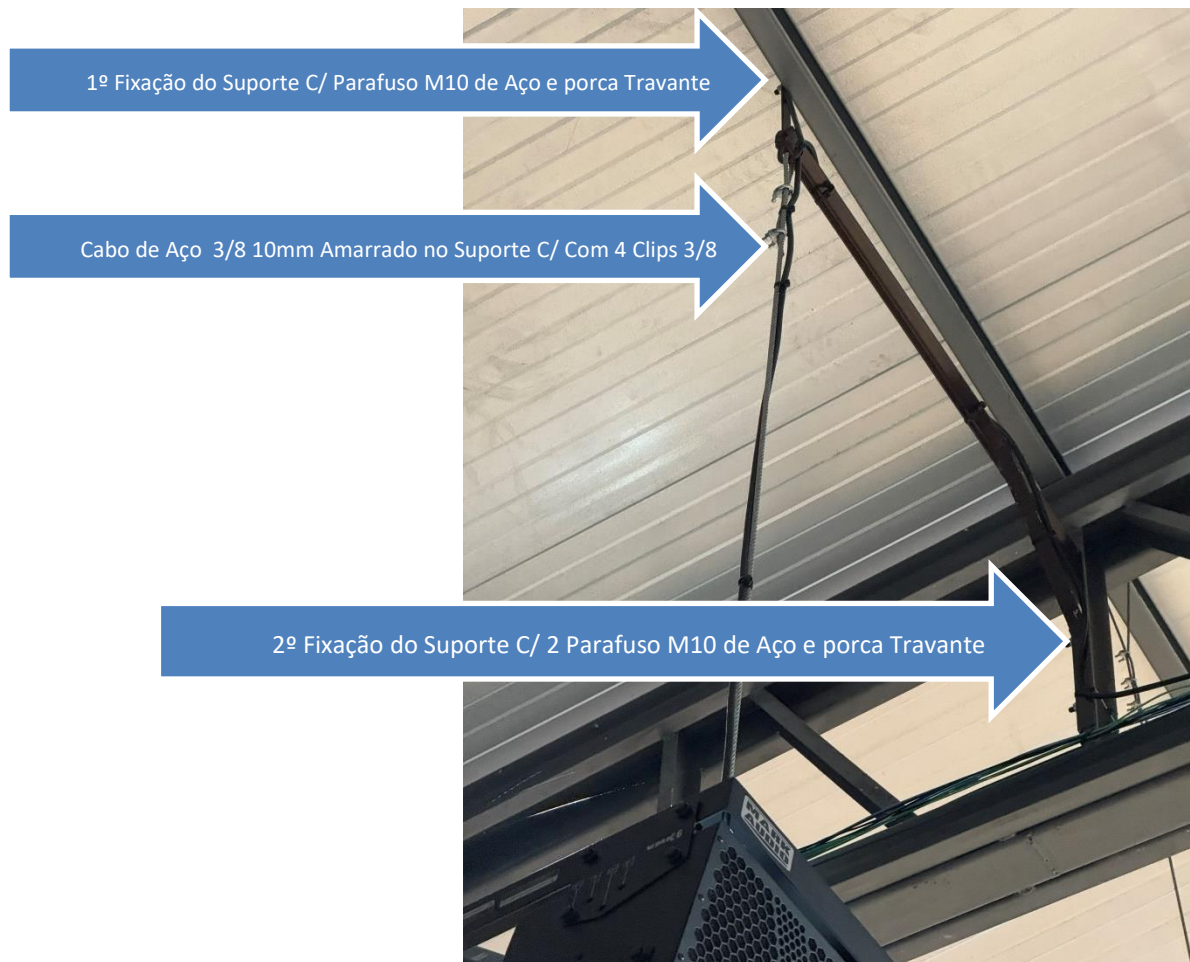
Figura 7 – Modelo Dimensões e Peso : Line Array | Point Source



O Sistema é Composto por 2 Torres de Line Array Composto por Caixas acústicas Modelo VMK6 da Mark áudio, suspensas por Cabos de Aço, sendo que cada torre pesa aproximadamente 110KG.

Para Cobertura da arquibancada do Auditório utilizamos 3 Point Source modelo HH TER – 1001 pesando 11,6 Kg por Caixa.

Figura 8 - Fixação Torre Line Array



Fonte: Brisen 2025

Foi Instalado um Suporte em L em aço reforçado com Mão francesa, Com 2 pontos de fixação :

1º Ponto de Fixação: Na Terça Afastado 50Cm da Tesoura, Fixação com Parafuso M10 de Aço e Porca Travante.

2º Ponto de Fixação: Na Tesoura, Fixação com 2 Parafuso M10 de Aço e Porca Travante.

Para a Suspensão das Caixas até no Suporte foi Utilizado 2 Cabos de Aço.

- Cabo de Aço Principal de 3/8 10mm Amarrado no Suporte C/ Com 4 Clips 3/8.
- Cabo de Aço Auxiliar 1/8 3mm C/ Com 4 Clips 1/8.

Figura 9 - Torre Line Array Suspensa



Fonte: Brisen 2025

Figura 10 - Point Source Suspenso



Fonte: Brisen 2025

- O Sistema Point Source Foi suspenso por 3 Cabos de aço 1/8 3mm C/ Com Clips 1/8. ( cada Caixa)

Figura 11 - Sonorização Auditório Crio



Fonte: Brisen 2025

### 3 ETAPA FINAL DA INSTALAÇÃO

- **Passagem de Cabos:** Todos os cabos de áudio foram instalados em caminhos protegidos e organizados (bandejas/conduítes) conforme as plantas técnicas.
- **Crimpagem:** Conectores padrão profissional (XLR, Speakon, P10) foram crimpados ou soldados de acordo com as normas de polaridade e blindagem, garantindo a máxima transferência de sinal e resistência a ruídos.
- **Identificação:** Cada cabo e conector foi etiquetado de forma clara e durável, indicando a origem (Ex: Rack Saída 1) e o destino (Ex: Array L).

A organização do *rack* de equipamentos (amplificadores, processadores) e da Mesa de Som foi feita visando a facilidade de manutenção e a otimização do fluxo de trabalho.

- **Rack:** Equipamentos conectados sequencialmente (Mesa, Processador, Amplificadores) com organização frontal e traseira do cabeamento (*cable management*) utilizando abraçadeiras e painéis de conectores.
- **Mesa de Som Digital:** Instalada na cabine de controle, interligada ao Painel Atrás do Palco e ao processador para controle total das entradas e saídas.



## 4 COMISSIONAMENTO E OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA

Esta fase final do projeto foi dedicada ao ajuste fino do sistema, garantindo que o desempenho do áudio no Auditório do CRIO alcançasse a máxima qualidade e clareza, alinhado aos resultados da simulação.

### 4.1 CALIBRAÇÃO E CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA

Ajustamos o sistema utilizando ferramentas digitais para garantir uniformidade e segurança:

- **Processador de Áudio (DriveRack):** Realizamos a calibração de todos os caminhos de sinal. Isso incluiu a definição precisa dos **crossovers** (divisão de frequências entre graves, médios e agudos), a aplicação de **limiters** para proteger os alto-falantes de picos de volume e o uso do **AFS (Supressor de Microfonia)**, vital para eventos com microfones de voz.

Figura 12 - Processamento Digital de Áudio CRIO



Fonte: Brisen 2025

- **Mesa de Som Digital:** Configuramos o console para gerenciar todas as entradas e saídas. Criamos "**Cenas**" (*Scenes*) e "**Presets**" para diferentes tipos de eventos (ex: conferência, música ao vivo), facilitando a operação para a equipe do CRIO.
- **Ajuste Físico e Acústico:**
  - **Angulação e Delay:** Refinamos o ângulo de suspensão das caixas (*Line Arrays*) e aplicamos **atrasos temporais (delay)** no processador, garantindo que o som chegue ao público de forma sincronizada em todas as áreas, eliminando ecos e ruídos de fase.
  - **Subwoofers Cardióides:** Implementamos a configuração Cardióide nos *subwoofers* (utilizando ajuste de *delay* e inversão de polaridade), que **reduz o vazamento de graves para o palco**, melhorando a clareza para os palestrantes.

### 3.2. OTIMIZAÇÃO FINAL DO SISTEMA

A otimização final foi focada na experiência do ouvinte:

- **Ajuste da Pressão Sonora (SPL):** Medimos e ajustamos o volume máximo de operação, garantindo um nível alto o suficiente para eventos dinâmicos, mas seguro e confortável para o público.
- **Equalização e Clareza:** Usando um microfone de medição e um analisador de espectro, aplicamos a **Equalização (EQ)** final no processador para mitigar ressonâncias do auditório e "achatar" a curva de resposta de frequência. Isso resultou em um som neutro, nítido e com **alta inteligibilidade de voz**, padrão essencial para um Centro de Inovação.

O sistema foi entregue com o desempenho validado, pronto para atender com excelência a todos os requisitos de áudio do CRIO.

## 5 INFORMAÇÃO TÉCNICA COMPLEMENTAR

### 5.1 SUBWOOFER POSIÇÃO/CONFIGURAÇÃO: MODO CARDIÓIDE

Figura 13 - Arranjo de subwoofer no modo cardioide



Fonte: Brisen 2025

O arranjo de subwoofer no modo cardioide é uma técnica de sonorização profissional, usada principalmente em eventos ao vivo, e que com dois subwoofers 1 a frente do outro e um processador de áudio digital. A principal função é direcionar o som dos graves para o público e reduzir significativamente a propagação sonora para trás ou para as laterais do palco.

Utilizamos esta técnica aqui no Auditorio afim de diminuir a pressão do Sub-Grave (20Hz á 100Hz ) no Palco e direcionando o SPL para a frente (diminuir o "vazamento" de grave). Para isso, fazemos uma combinação de ajustes, Segue a explicação:

## 5.2 CONCEITO FISICO

1. **Inversão de Fase (Polaridade):** Invertemos a polaridade do Subwoofer traseiro, o que já cria um princípio de cancelamento.
2. **Deslocamento Físico:** Posicionamos o Sub traseiro 86 cm atrás do Sub dianteiro. Essa distância é crucial porque equivale a  $\frac{1}{4}$  do comprimento da onda de 100 Hz ( $3.44\text{m}/4$ ) = 86cm o que gera um atraso de  $90^\circ$ .
3. **Atraso Eletrônico (Delay):** Aplicamos um atraso de 2.5 ms (milissegundos) no sinal do Sub traseiro para ajustar o tempo de chegada da onda.

Esses passos garantem que a soma das ondas frontais seja máxima (reforço) e o cancelamento das ondas traseiras seja eficaz (rejeição), criando o efeito direcional Cardióide."

A configuração é baseada em física de ondas: a soma da polaridade invertida (atraso de  $180^\circ$ ) + o deslocamento físico ( $90^\circ$ ) + o atraso eletrônico ( $90^\circ$ ) resulta em um cancelamento total ( $360^\circ$  ou  $0^\circ$ ) na parte traseira.

1. **Comprimento de Onda ( $\lambda$ ):** O cálculo parte da frequência de 100 Hz:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

$$\lambda = \frac{344 \text{ m/s}}{100 \text{ Hz}} = 3.44 \text{ metros}$$

2. **Deslocamento Físico ( $\lambda/4$ ):** A distância de 86 cm é o  $\frac{1}{4}$  do comprimento de onda, o que gera um atraso de  $90^\circ$  (ou 25% de um ciclo).

$$D = \frac{\lambda}{4} = \frac{3.44 \text{ m}}{4} = 0.86 \text{ metros (86 cm)}$$

(D.A.S, 2009)