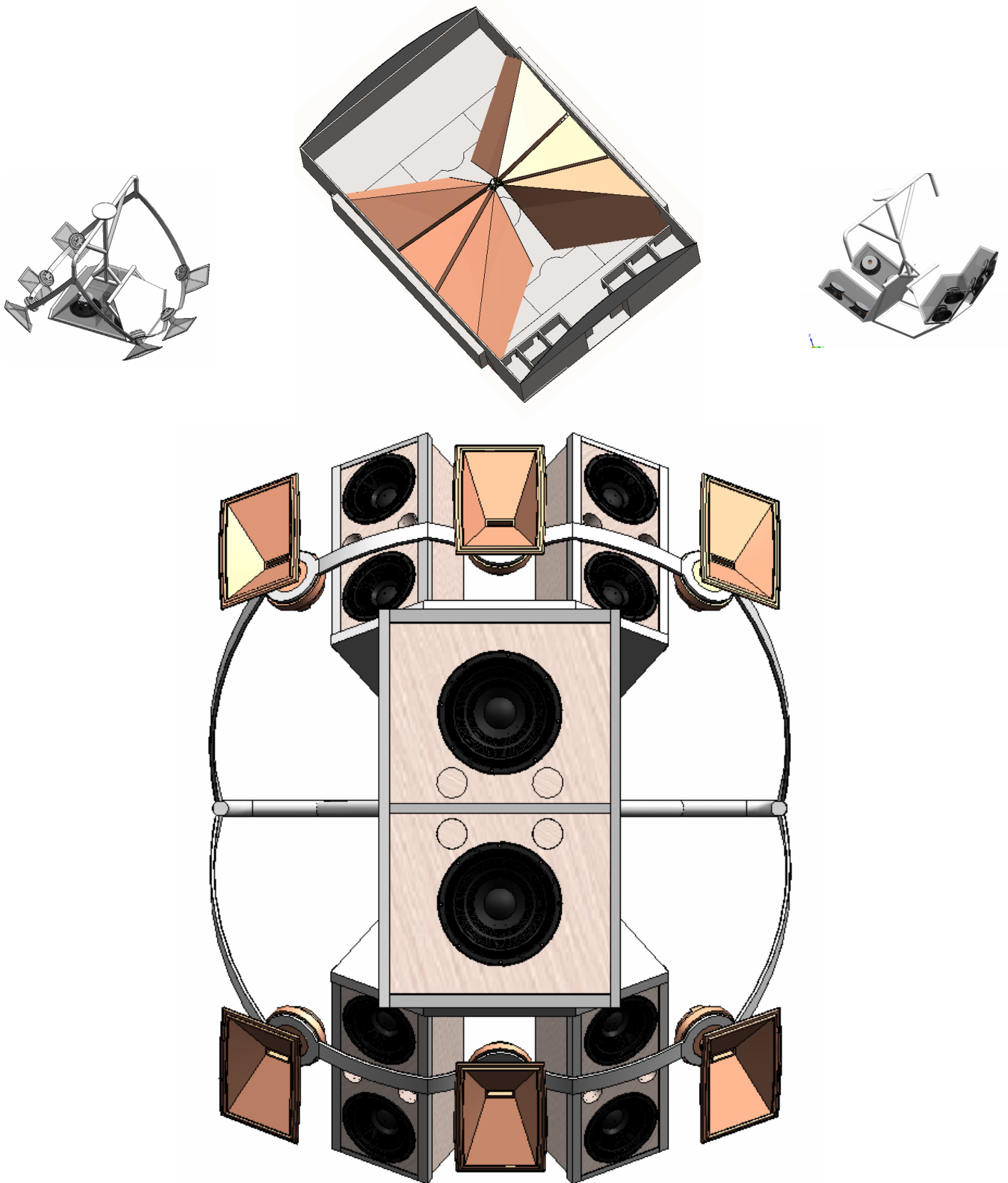
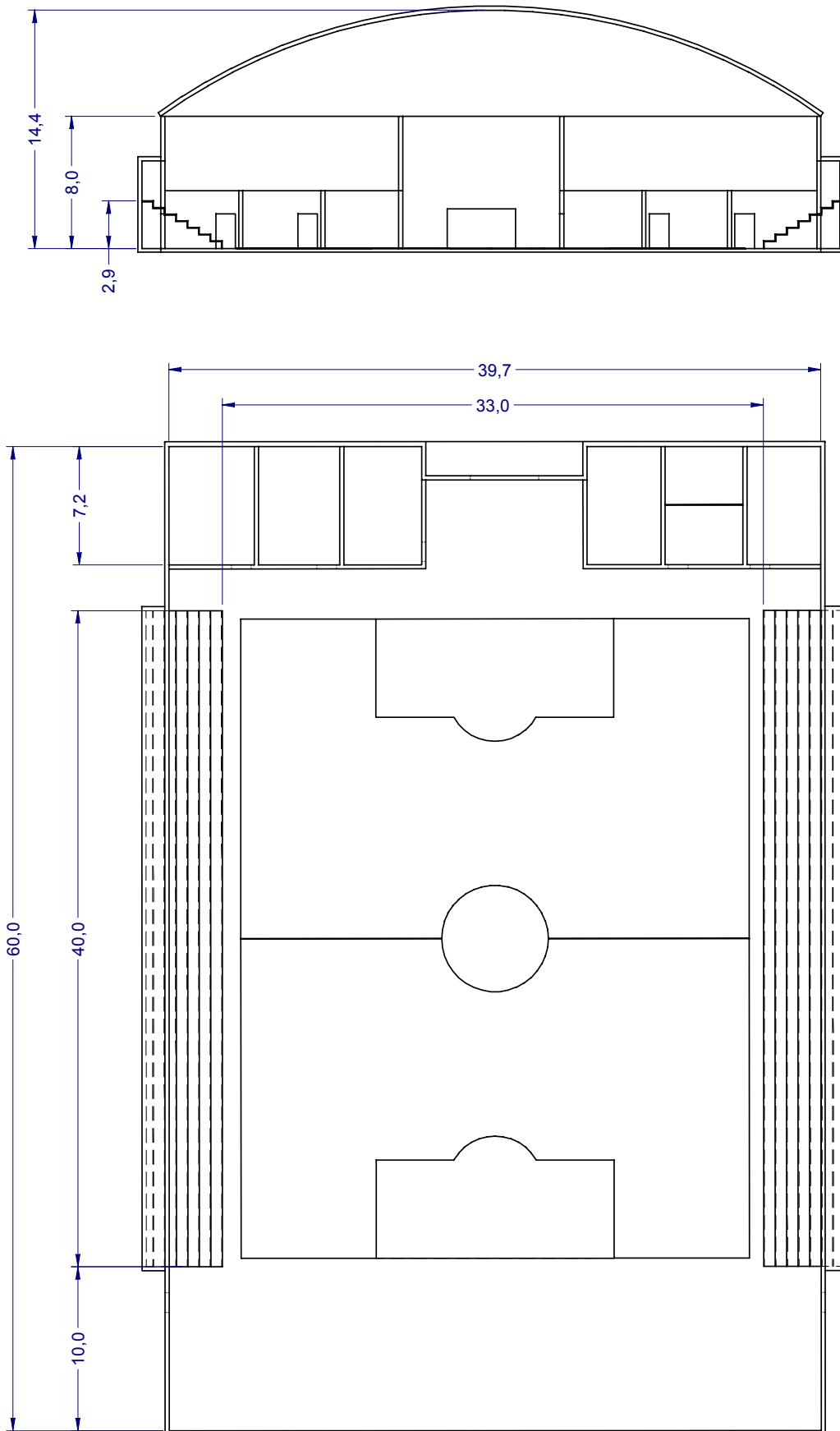


Projeto de Sonorização do Ginásio de Esportes da ULBRA



Planta Simplificada Ginásio de Esportes da ULBRA

08 01 07



Cluster Central

Localização: no centro do ginásio, 60 cm abaixo do forro.

$A_T = 14,60$ = Altura total, em metros.

$A_M = 14,00$ = Altura da montagem, em metros, 60 cm abaixo do teto.

$A_{LM} = 4,00$ = Altura máxima de cobertura no ultimo degrau da arquibancada.

$A_{Lm} = 1,20$ = Altura mínima de cobertura no piso ou no primeiro degrau da arquibancada.

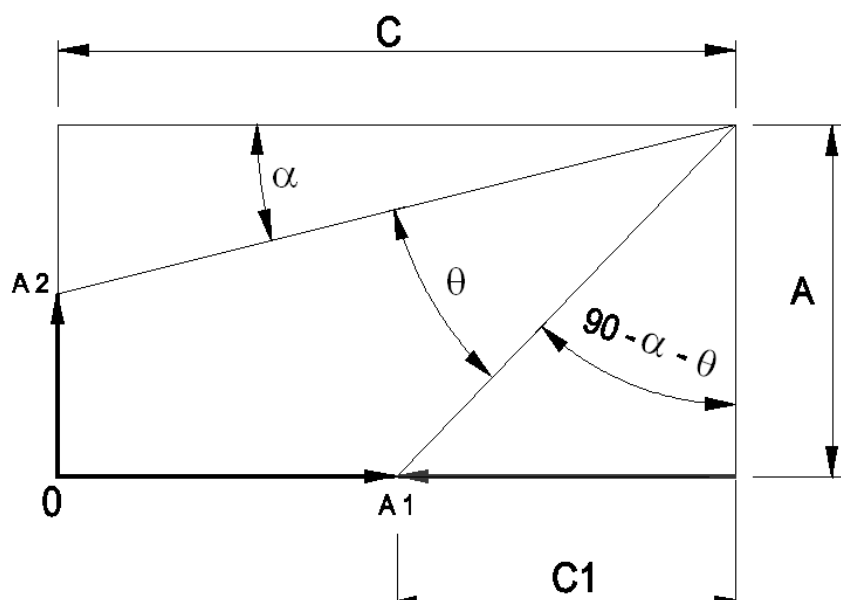
$L = 40,5$ = Largura (comprimento da arquibancada e da quadra).

$C_T = 43$ = Distância entre os degraus mais altos da arquibancada.

$C = 21,5$ = Metade da distância entre os degraus mais altos da arquibancada.

Altas Freqüências

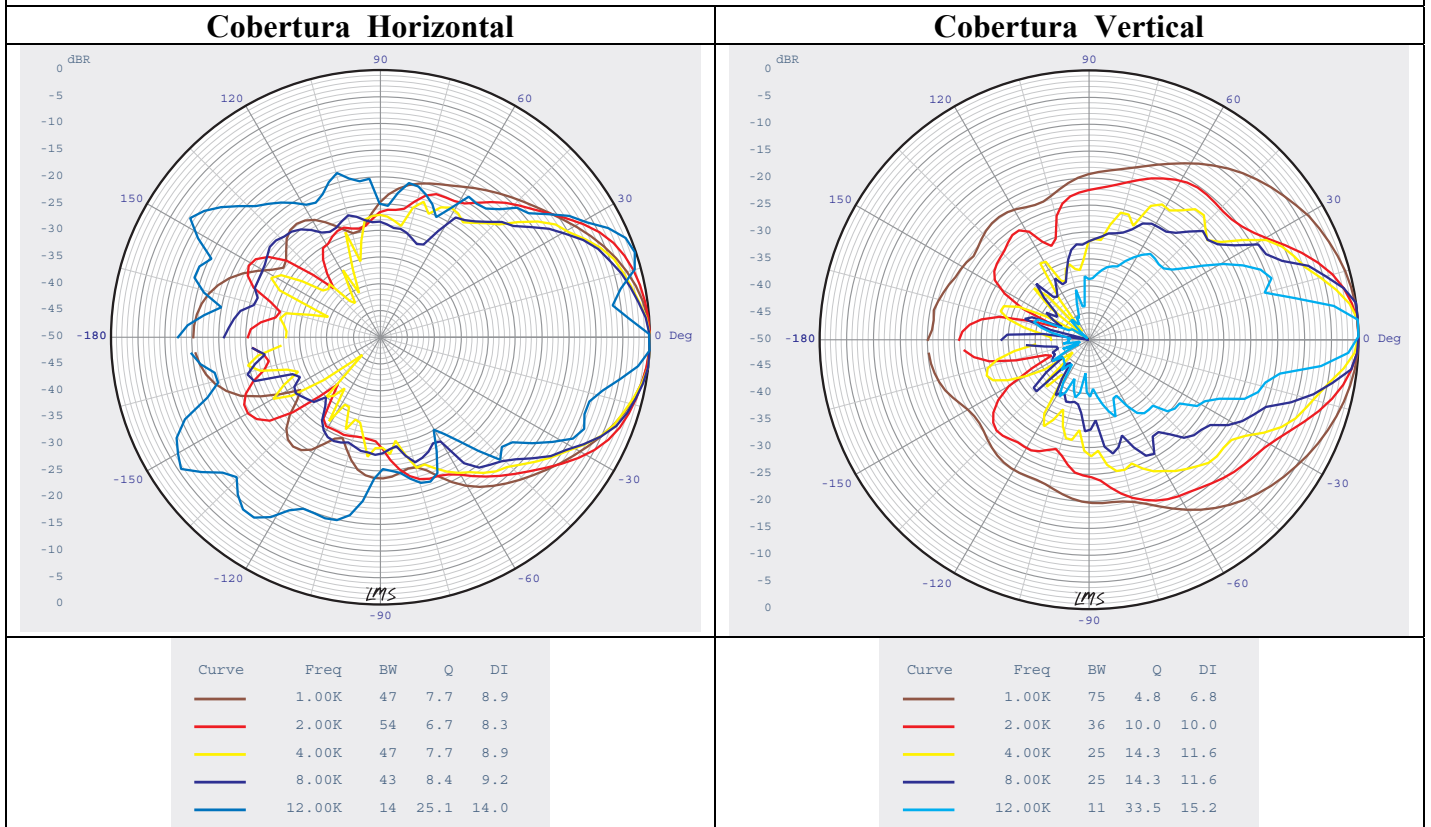
Cobertura Vertical



A figura acima retrata a cobertura desejada, que é obtida quando as relações abaixo são satisfeitas:

$$180^\circ > (\alpha + \theta) > \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{A}{C}\right) \quad \text{e} \quad \alpha < \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{A}{C}\right)$$

HL4750R



A cobertura total, nas altas frequências, será feita com um cluster de 6 cornetas.

Cobertura Horizontal

Cada metade do cluster, com suas 3 cornetas, cobrirá horizontalmente a arquibancada, de um dos lados do ginásio, em toda a sua largura, de 40,5 metros e metade do piso da quadra.

Cobertura Vertical

Cada metade do cluster, com suas 3 cornetas, cobrirá verticalmente a arquibancada, de um dos lados do ginásio, desde o degrau mais alto até metade do piso da quadra, que corresponde a uma distância de 21,5 m..

Escolha da Corneta

Após algumas tentativas optamos pelo uso do modelo HL4750R.

Cada uma das 3 cornetas, de cada metade do cluster, será montada invertida, ou seja, a cobertura vertical do local será feita pelo ângulo horizontal da corneta.

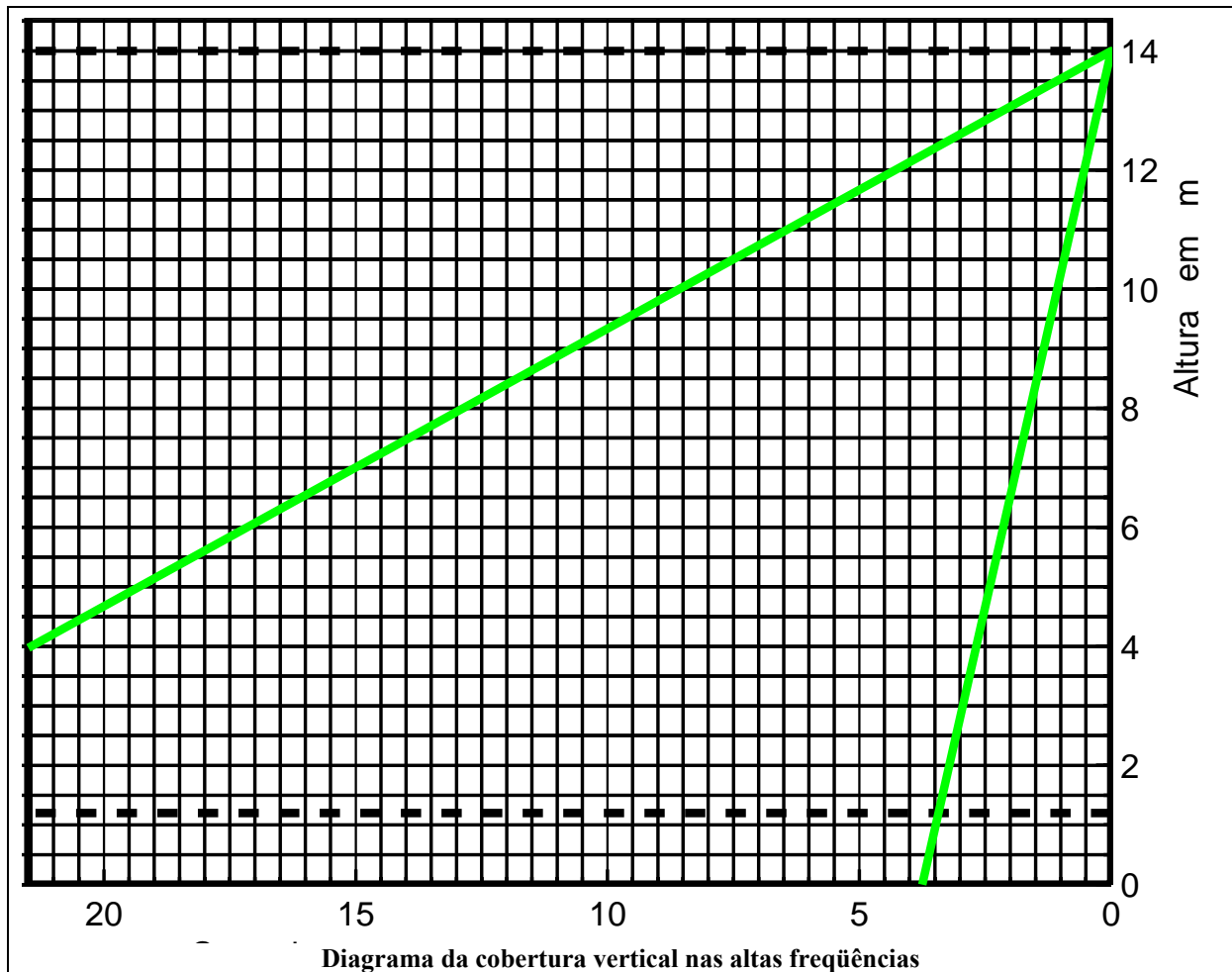
Conforme os diagramas polares em anexo, tomamos os ângulos de cobertura nominal como sendo $H \times V = 50^\circ \times 30^\circ$.

Devido à montagem invertida, teremos $\theta_V = 50^\circ$ e

$$\theta_H = 3 \cdot 30^\circ = 90^\circ$$

Escolhendo $\alpha_{MV} = 50^\circ$, vem:

$$\alpha = \alpha_{MV} - \frac{\theta_V}{2} = 50^\circ - \frac{50^\circ}{2} = 25^\circ$$



Calculo da Cobertura Vertical

$$\frac{A - A_2}{C} = \text{tg}(\alpha) \quad \therefore \quad \frac{A_2}{C} = \frac{A}{C} - \text{tg}(\alpha) \quad \therefore \quad A_2 = A - C \cdot \text{tg}(\alpha) = 14 - 21,5 \cdot \text{tg}(25) = 4,02$$

$$\frac{C - A_1}{A} = \text{tg}(90^\circ - \alpha - \theta) \quad \therefore \quad \frac{C_1}{A} = \text{tg}(90^\circ - \alpha - \theta) \quad \therefore \quad C_1 = A \cdot \text{tg}(90^\circ - \alpha - \theta)$$

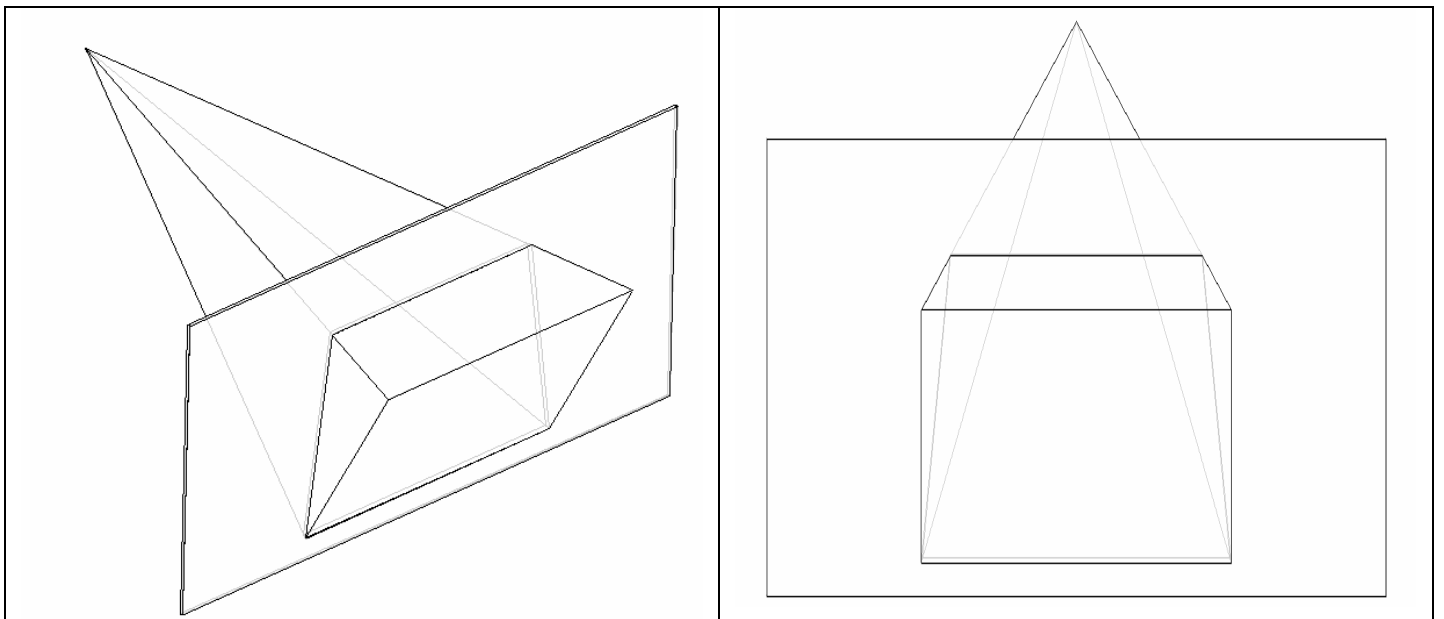
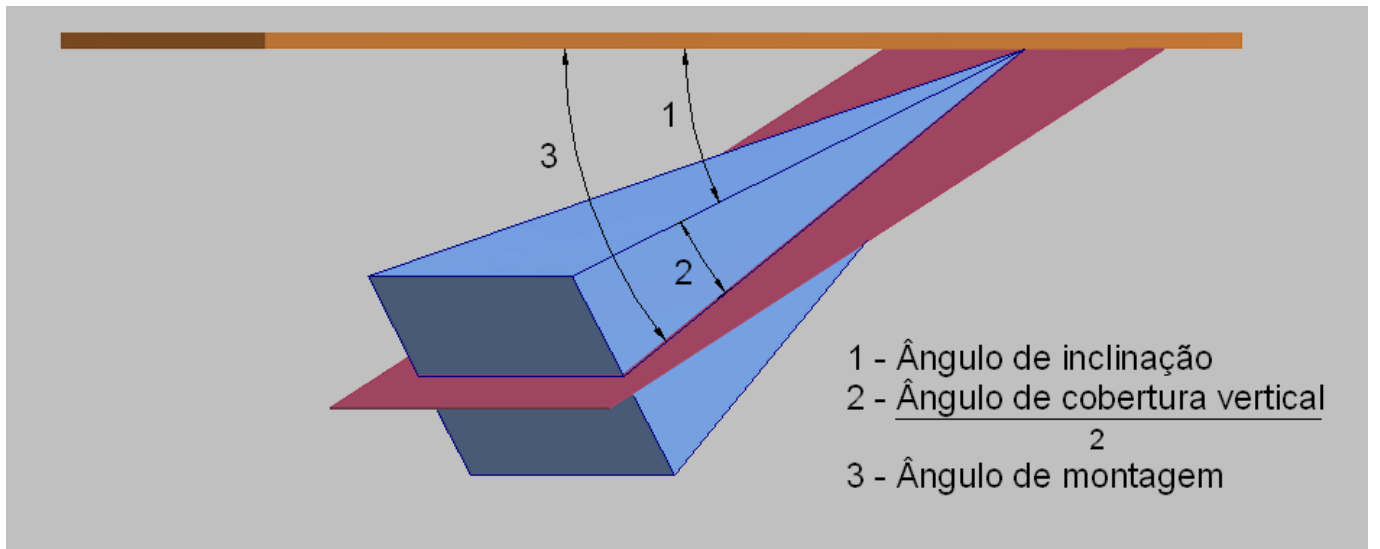
$$C_1 = A \cdot \text{tg}(90^\circ - \alpha - \theta) = 14 \cdot \text{tg}(90^\circ - 25 - 50) = 14 \cdot \text{tg}(15^\circ) = 14 \cdot 0,268 = 3,75$$

Premissas Iniciais: $\alpha < \text{tg}^{-1}\left(\frac{A}{C}\right) \quad \therefore \quad 25^\circ < \text{tg}^{-1}\left(\frac{14}{21,5}\right) \quad \therefore \quad 25^\circ < 30^\circ$

e

$$180^\circ > (\alpha + \theta) > \text{tg}^{-1}\left(\frac{A}{C}\right) \quad \therefore \quad 180^\circ > (25^\circ + 50^\circ) > \text{tg}^{-1}\left(\frac{14}{21,5}\right) \quad \therefore \quad 180^\circ > 75 > 33$$

Ambas as premissas foram satisfeitas.



Diferenças na cobertura horizontal para ovinetes situados em um mesmo plano, mas em alturas diferentes.

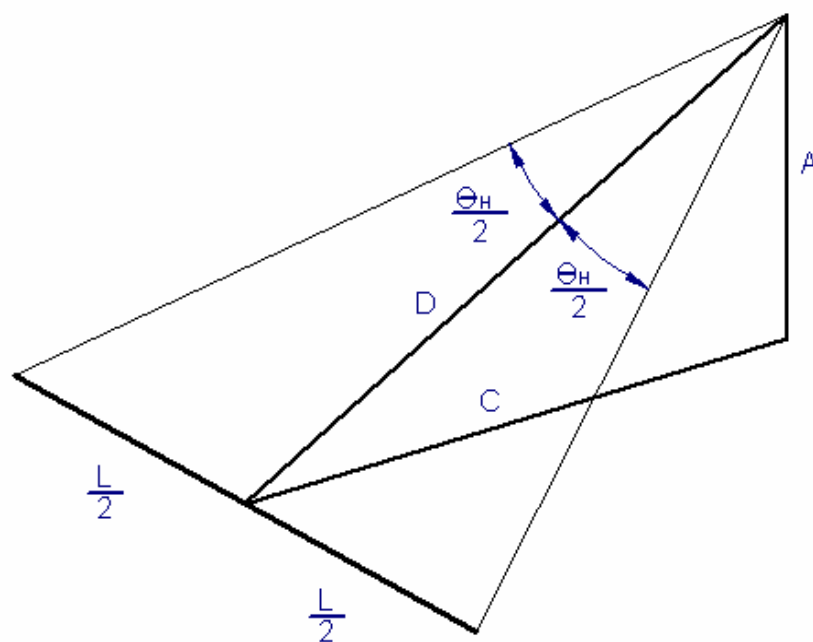


Diagrama geométrico da cobertura horizontal.

Cobertura Horizontal nas Altas Frequências

No Fundo, em A_2 – Alto da Arquibancada

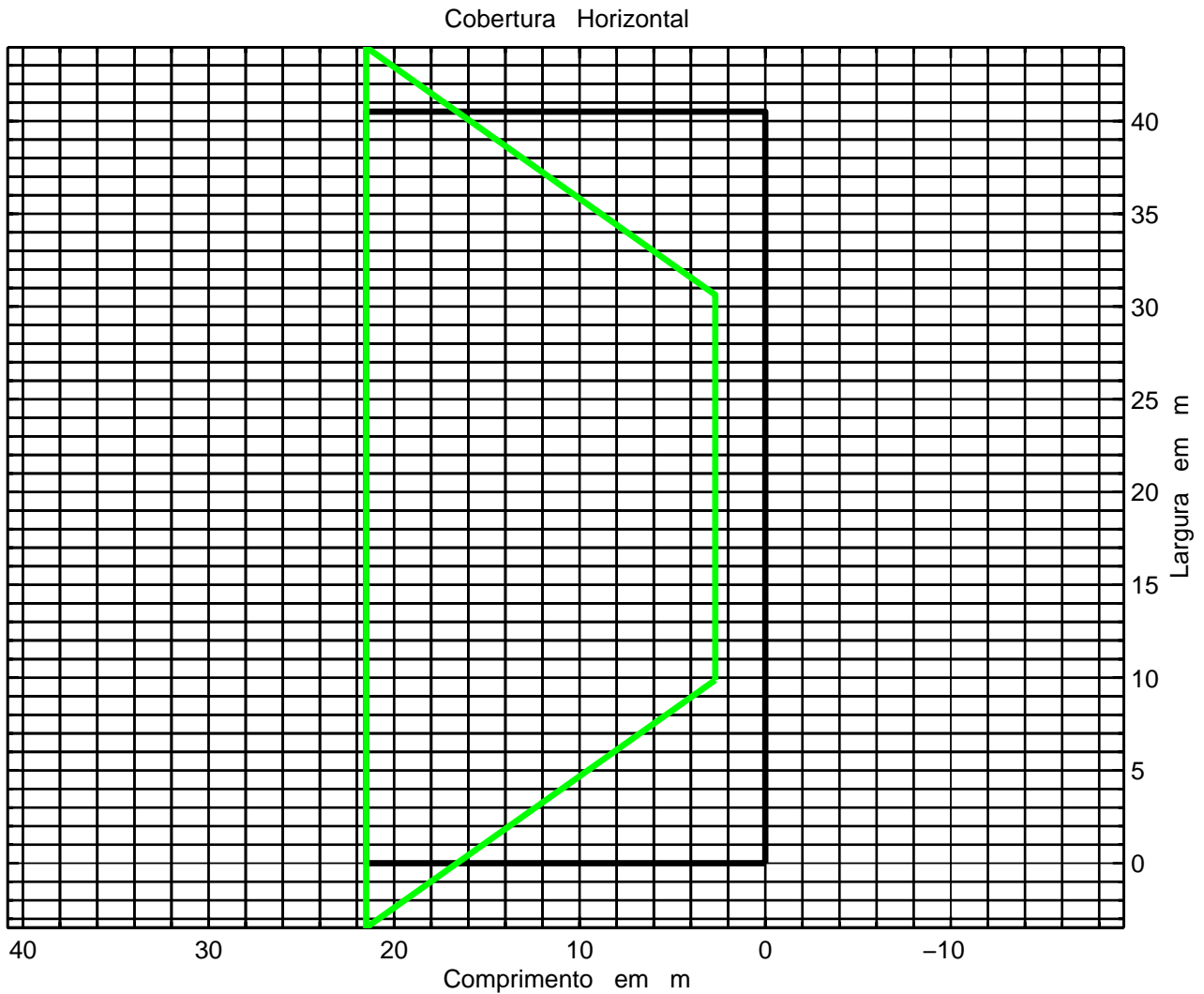
$$A = A_M - A_2 = 14 - 3,97 = 10,03 \quad ; \quad C = 21,5$$

$$D = \sqrt{C^2 + (A_M - A_2)^2}$$

$$D = \sqrt{21,5^2 + (14 - 3,97)^2} = \sqrt{21,5^2 + 10,03^2} = 23,84$$

$$L = 2 \cdot D \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\theta_H}{2}\right)$$

$$L = 2 \cdot 23,84 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{90}{2}\right) = 2 \cdot 23,84 \cdot \operatorname{tg}(45) = 2 \cdot 23,84 \cdot 1 = 47,7$$



Cobertura horizontal, a uma altura de 3,97 metros, do piso.

No Fundo, em A_{Lm}

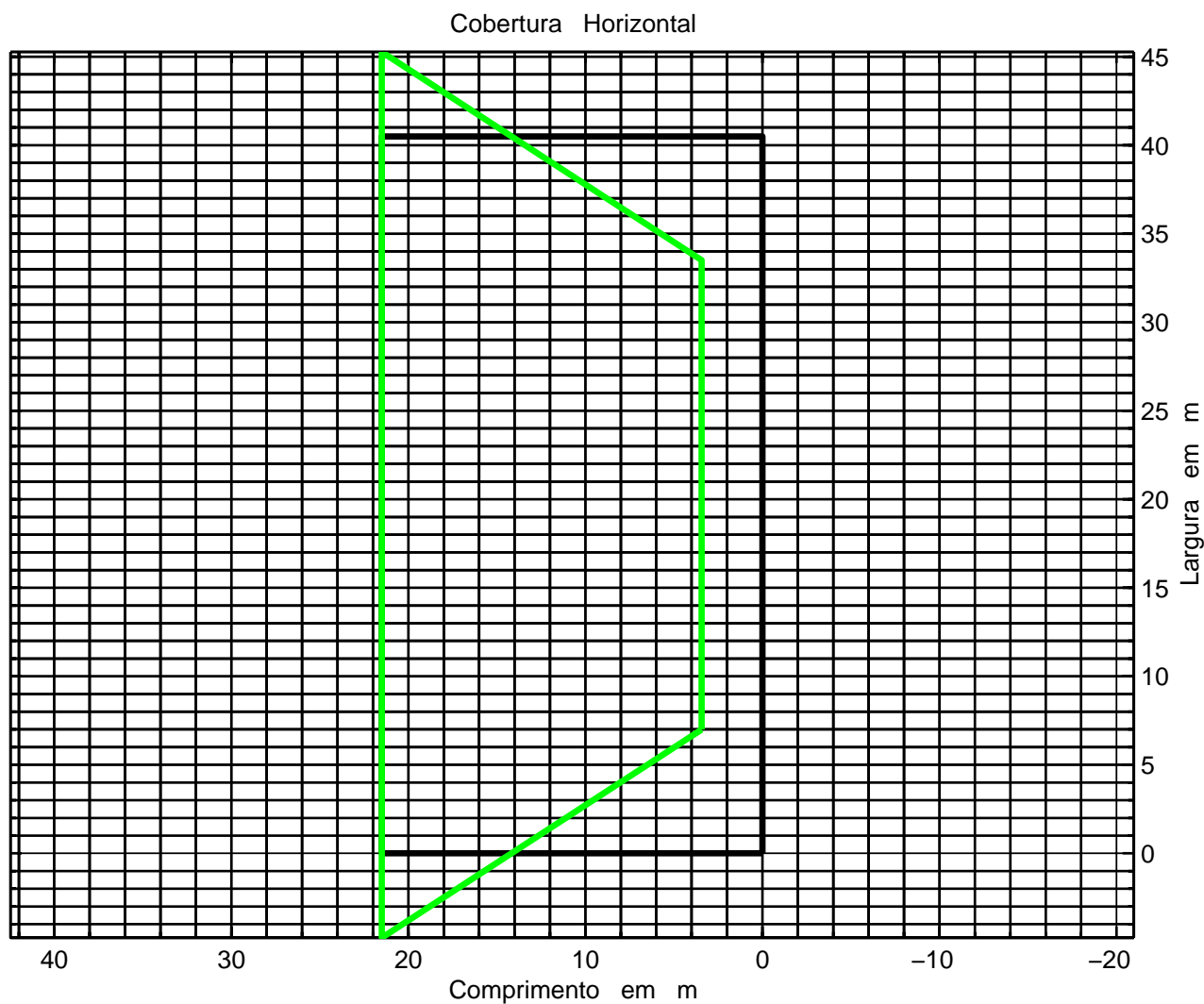
$$A = A_M - A_2 = 14 - 1,2 = 12,8 \quad ; \quad C = 21,5$$

$$D = \sqrt{C^2 + (A_M - A_2)^2}$$

$$D = \sqrt{21,5^2 + (14 - 1,2)^2} = \sqrt{21,5^2 + 12,8^2} = 25,02$$

$$L = 2 \cdot D \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\theta_H}{2}\right)$$

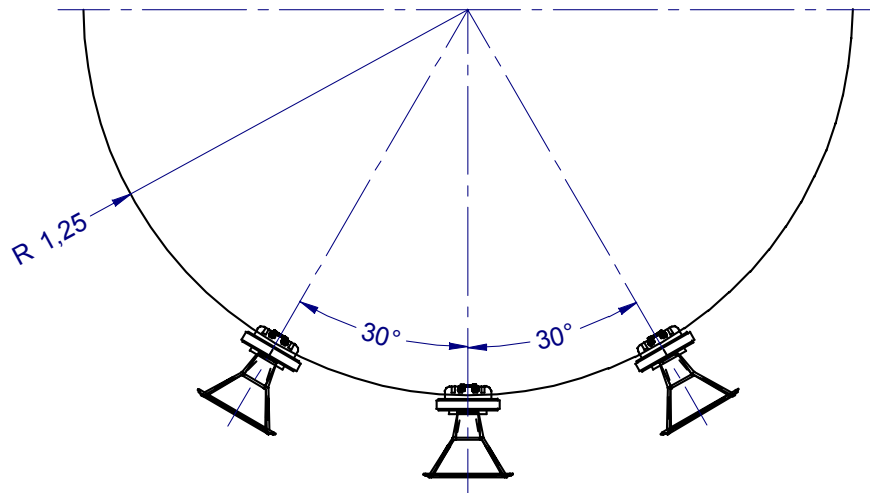
$$L = 2 \cdot 25,02 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{90}{2}\right) = 2 \cdot 25,02 \cdot \operatorname{tg}(45) = 2 \cdot 25,02 \cdot 1 = 50,0$$



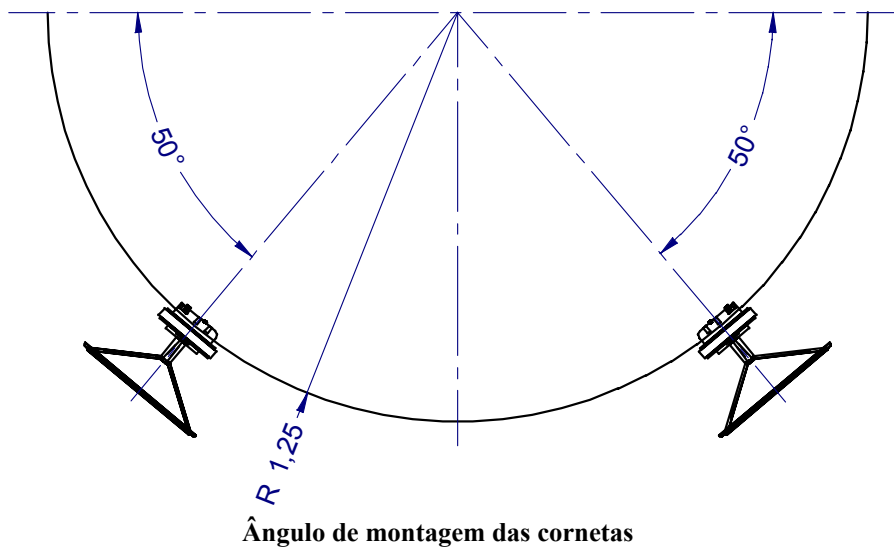
Cobertura horizontal, a uma altura de 1,20 metros, do piso.

Cobertura horizontal das altas frequências, a uma altura de 1,20 metros, do piso.

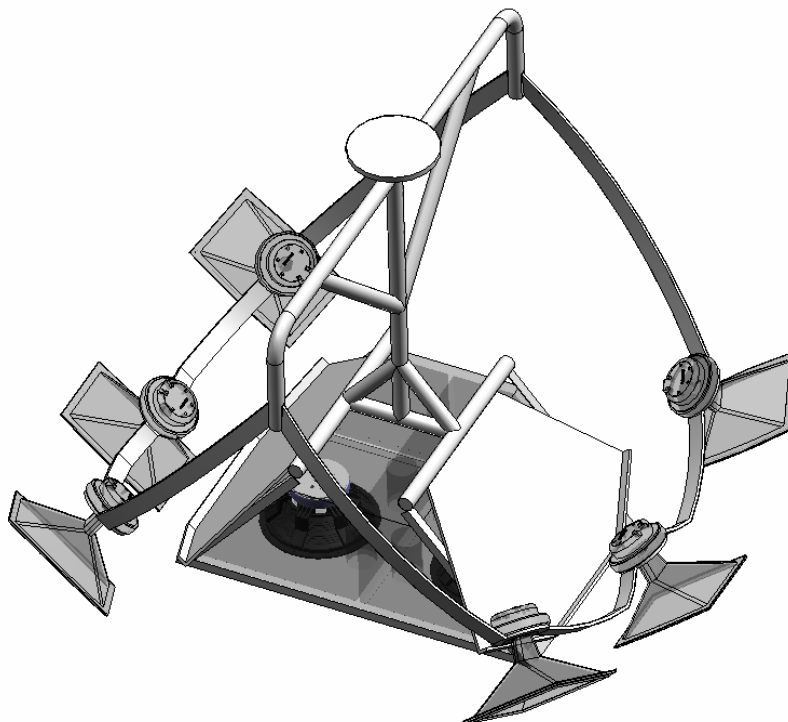
Diagrama Geométrico do Cluster de Altas Frequências



Disposição horizontal das cornetas em uma metade do cluster



Ângulo de montagem das cornetas



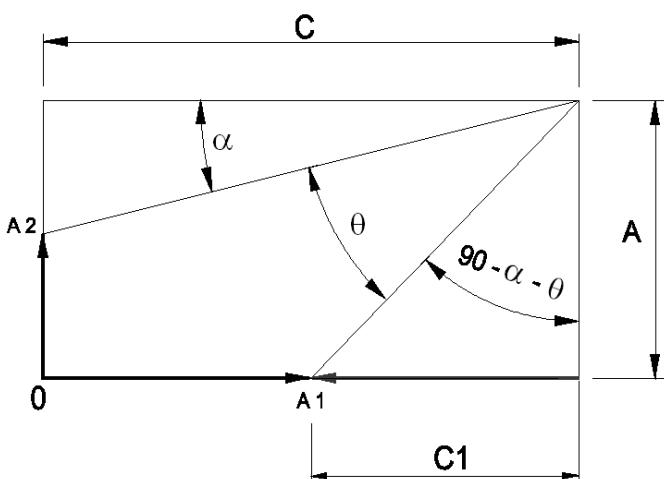
Vista do Cluster de Altas Frequências com as Caixas de Graves



Cobertura do Cluster de Altas-Freqüências

Médias Freqüências

Cobertura Vertical



A figura ao lado retrata a cobertura desejada, que é obtida quando a relação abaixo é satisfeita:

$$180^\circ > (\alpha + \theta) > \text{tg}^{-1}\left(\frac{A}{C}\right).$$

$$\alpha = \text{tg}^{-1}\left(\frac{A_M - A_2}{C}\right)$$

$$\alpha = \text{tg}^{-1}\left(\frac{5,5 - 5,05}{18,15}\right) = 1,42^\circ$$

Escolha do Falante

No caso do falante 10MB1P, $\theta_H = 60^\circ$; $\theta_V = 60^\circ$ em 1200 Hz.

Acoplando duas caixas horizontalmente, teremos $\theta_H = 2 \cdot 60^\circ = 120^\circ$; $\theta_V = 60^\circ$ em 1200 Hz.

Arbitrando o ângulo de montagem vertical $\alpha_{MV} = 55^\circ$, teremos:

$$\alpha = \alpha_{MV} - \frac{\theta_V}{2} = 55^\circ - \frac{60^\circ}{2} = 25^\circ$$

A relação abaixo está satisfeita pois:

$$180^\circ > (\alpha + \theta) > \text{tg}^{-1}\left(\frac{A}{C}\right) \therefore 180^\circ > (25 + 60) > \text{tg}^{-1}\left(\frac{14}{21,5}\right) \therefore 180^\circ > (85^\circ) > 33^\circ$$

$$\frac{C - A_1}{A_M} = \text{tg}(90 - \alpha - \theta_V)$$

$$\begin{aligned} A_1 &= C - A_M \cdot \text{tg}(90 - \alpha - \theta_V) = 21,5 - 14 \cdot \text{tg}(90 - 25 - 60) = \\ &= 21,5 - 14 \cdot \text{tg}(5) = 21,5 - 14 \cdot 0,0875 = 20,275 \end{aligned}$$

Sendo que A_1 é medido da arquibancada em direção ao meio da quadra. Como a distância C vale 21,5 metros, ficará sem a cobertura ideal uma pequena faixa de 1,2 m, de cada lado do centro.

Desse modo, vemos que, com duas caixas, será possível fazer a cobertura, na faixa de médio graves.

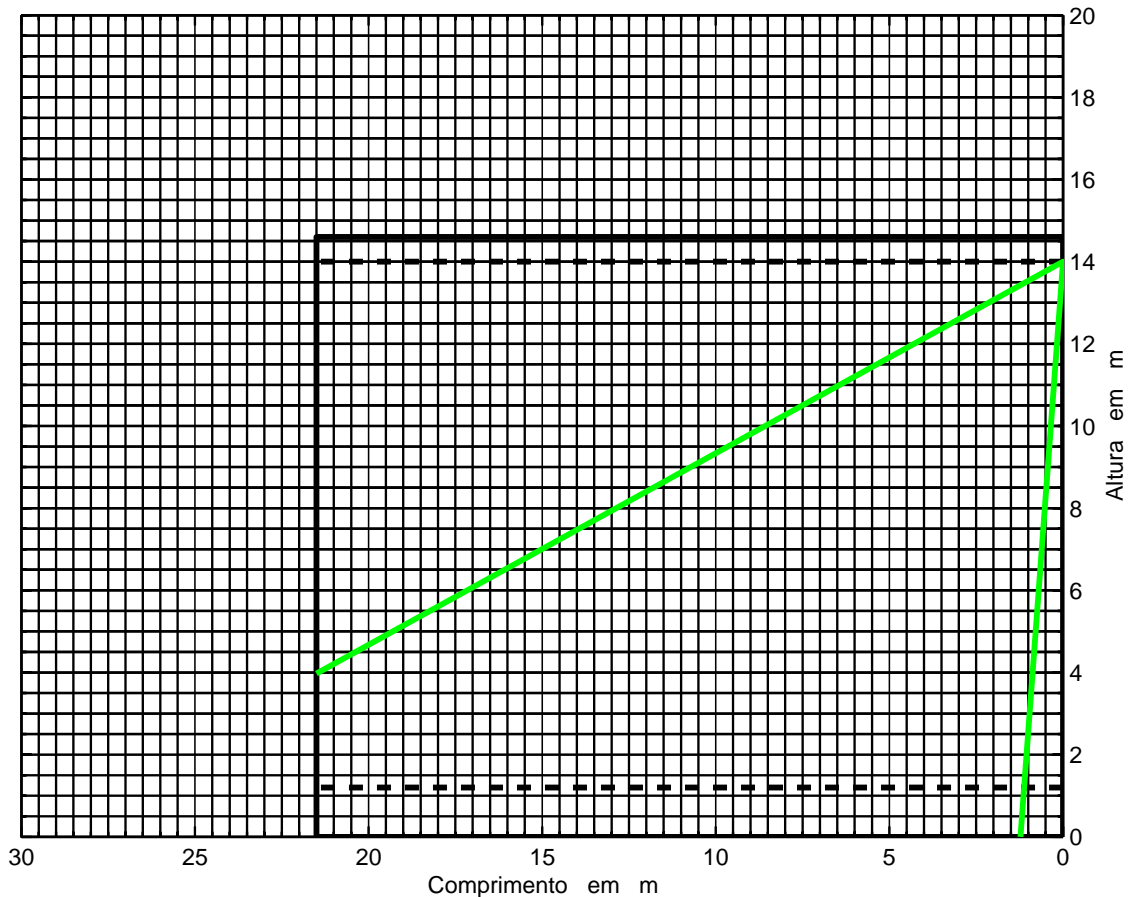


Diagrama da cobertura vertical nos médios

Cobertura Horizontal dos Médios na Arquibancada

$$A_M - A_L = 14 - 1,2 = 12,8 \quad ; \quad C_1 = 21,5$$

$$D_1 = \sqrt{C_1^2 + (A_M - A_{Lm})^2}$$

$$D_1 = \sqrt{21,5^2 + (14 - 1,2)^2} = \sqrt{21,5^2 + 12,8^2} = 25,02$$

$$L_1 = 2 \cdot D_1 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\theta_H}{2}\right) = 2 \cdot 25,02 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{120}{2}\right) = 2 \cdot 25,02 \cdot 0,5774 = 86,7$$

Cobertura Horizontal dos Médios no Meio da Quadra

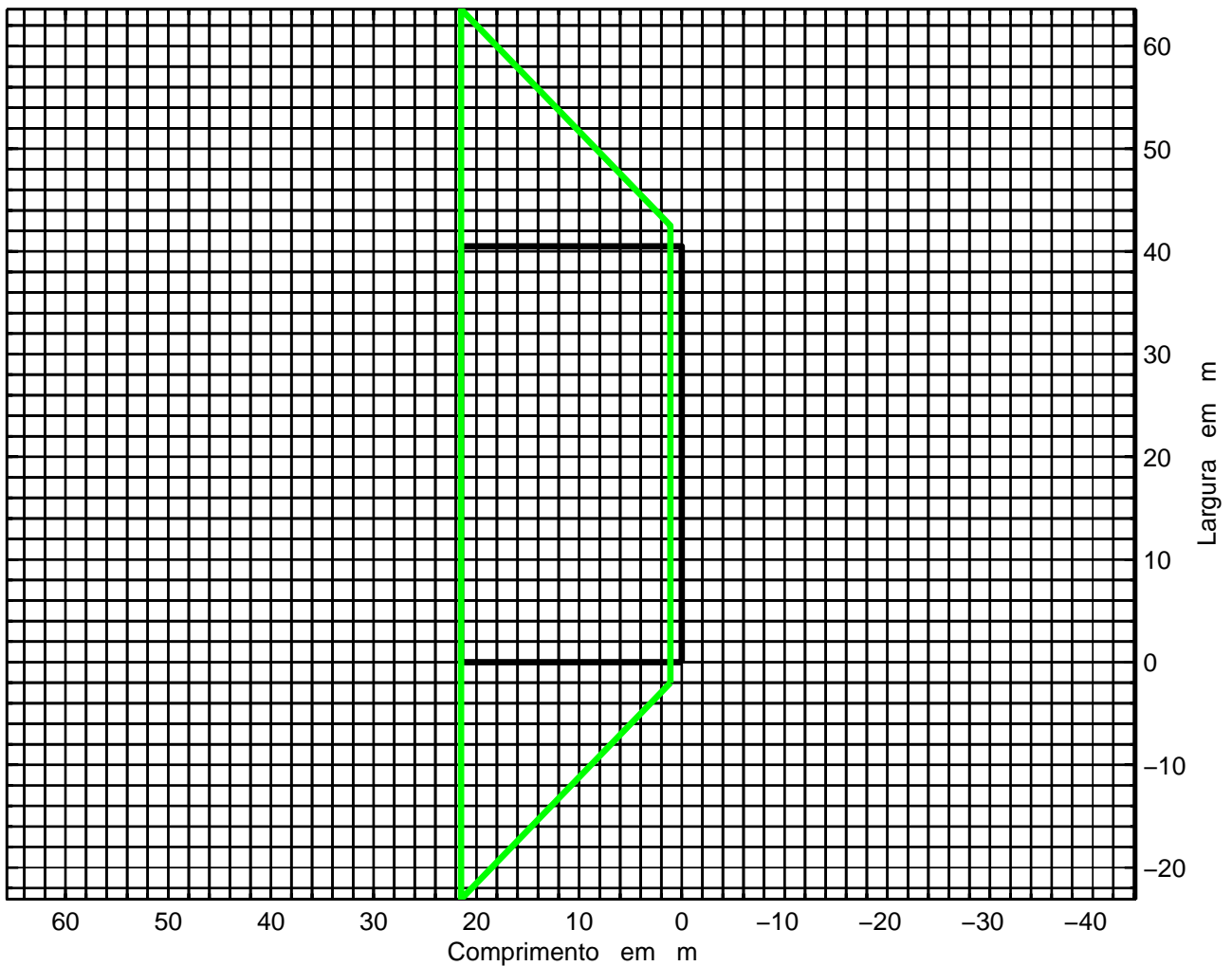
$$A_M - A_L = 14 - 1,2 = 12,8$$

$$C_0 = 0$$

$$D_0 = \sqrt{C_0^2 + (A_M - A_{Lm})^2}$$

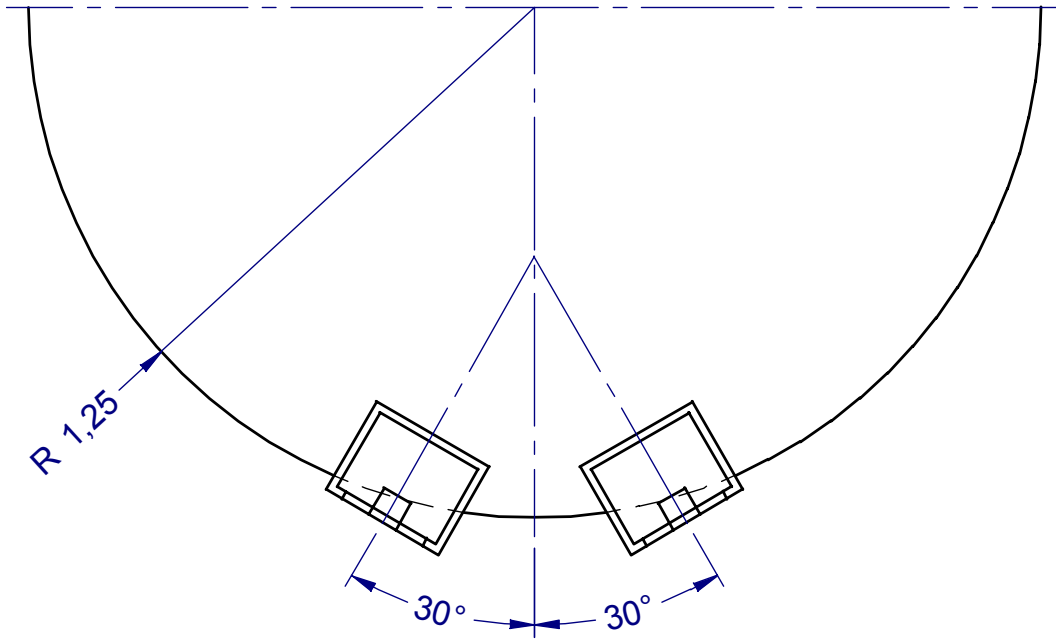
$$D_0 = \sqrt{0^2 + (14 - 1,2)^2} = \sqrt{0^2 + 12,8^2} = 12,8$$

$$L_0 = 2 \cdot D_0 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\theta_H}{2}\right) = 2 \cdot 12,8 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{120}{2}\right) = 2 \cdot 12,8 \cdot 1,73 = 44,3$$

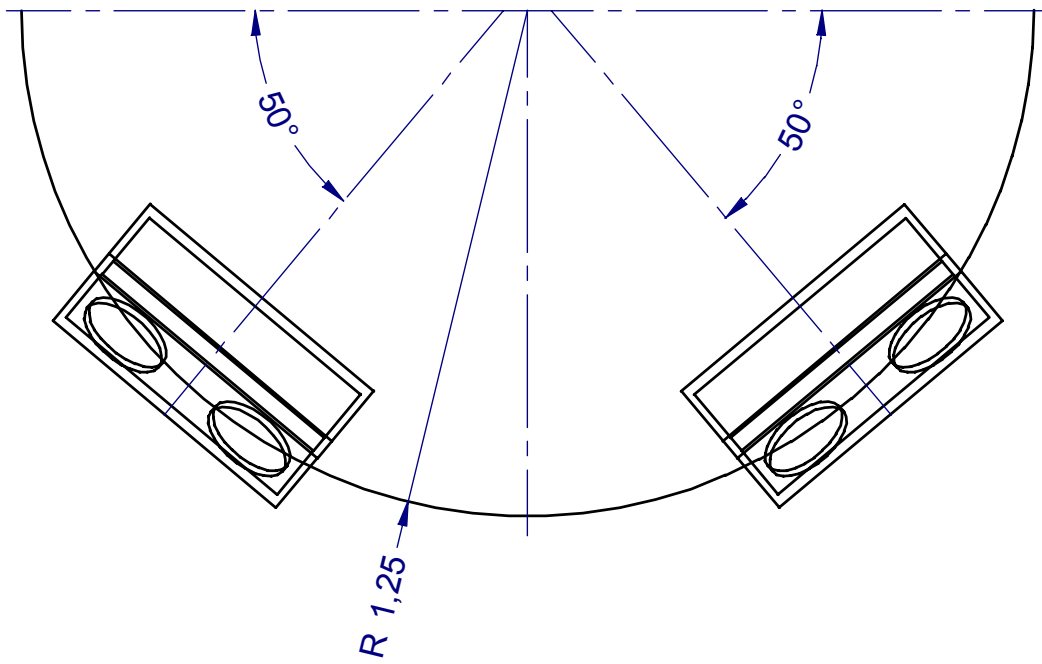


Cobertura horizontal da via de médio-graves a 1,20 m do piso da quadra.

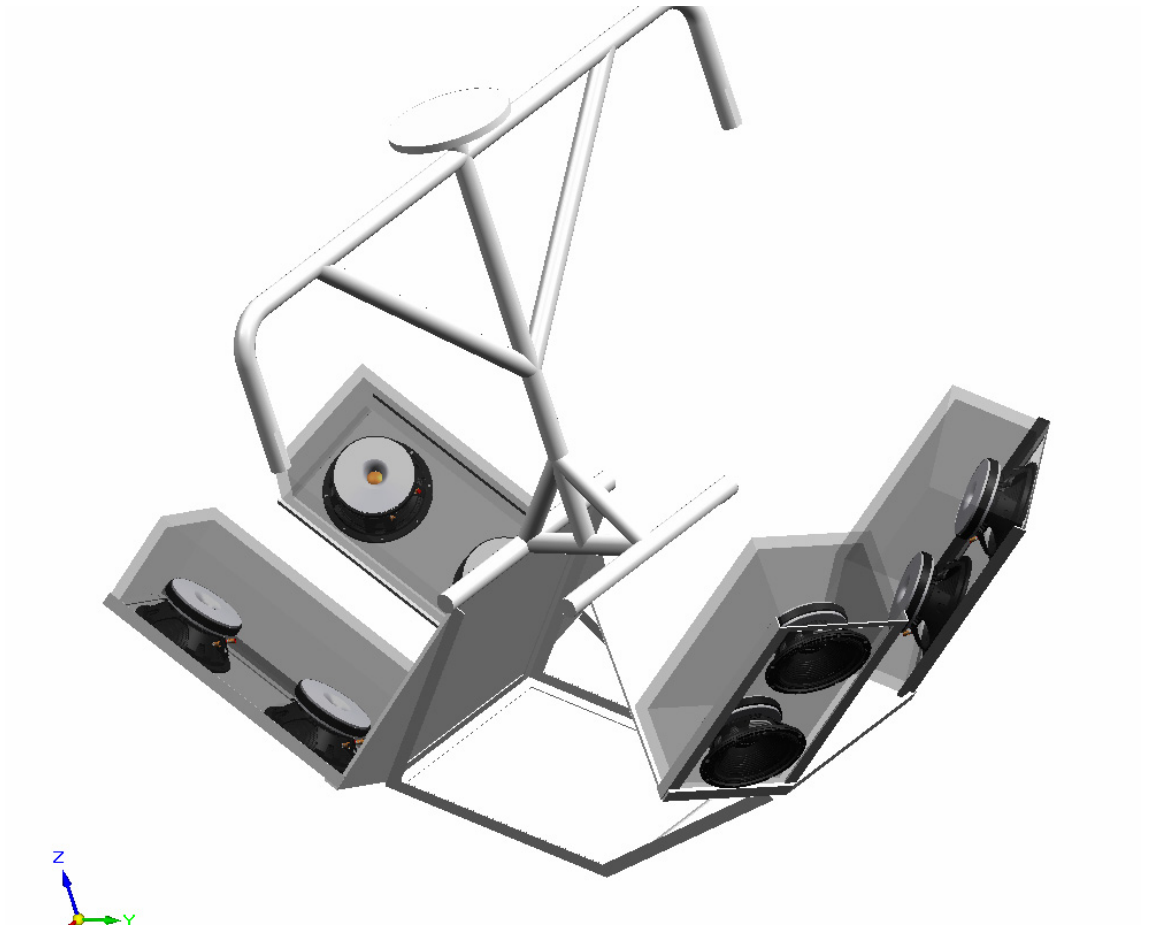
Diagrama Geométrico do Cluster de Médias Freqüências



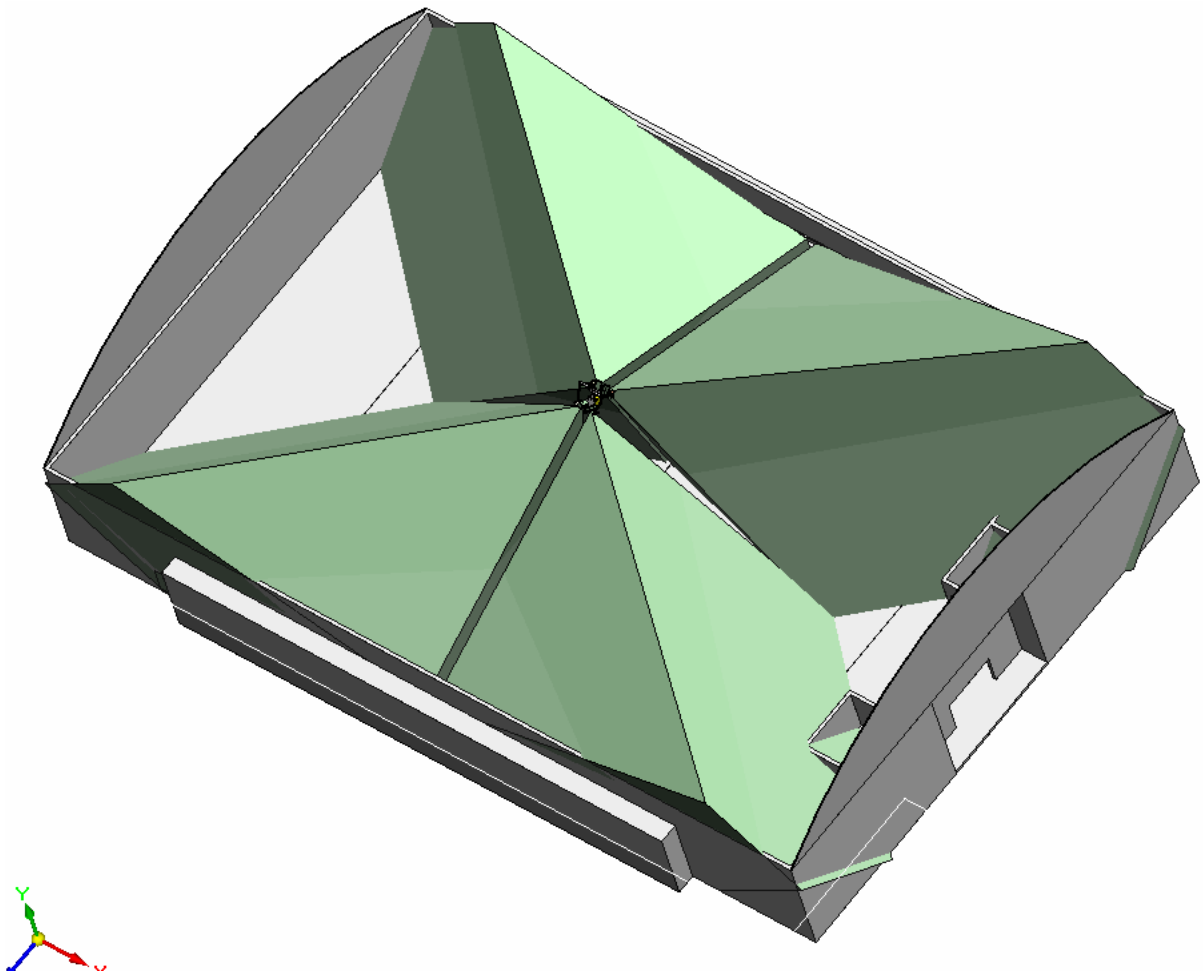
Disposição Horizontal das Caixas de Médios em uma Metade do Cluster



Ângulo de Montagem das Caixas de Médios



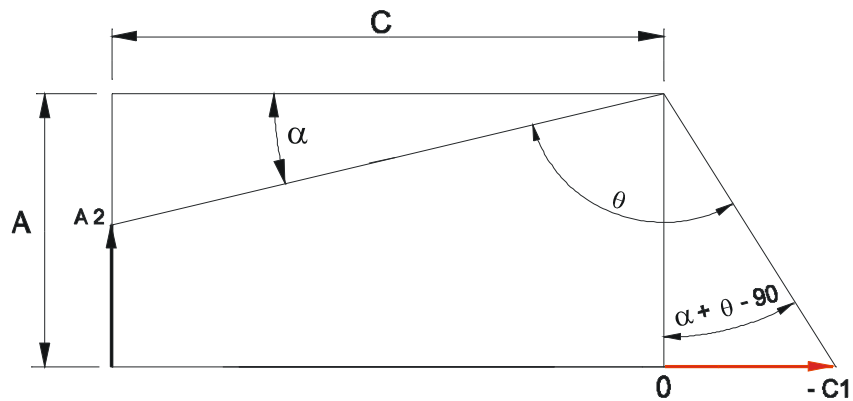
Vista do Cluster de Médias Frequências



Cobertura do Cluster de Médias Frequências

Frequências Graves

Cobertura Vertical



A figura acima retrata a cobertura desejada, que é obtida quando as relações abaixo são satisfeitas:

$$180^\circ > (\alpha + \theta) > 90^\circ \quad \text{e} \quad 180^\circ > (\alpha + \theta) > \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{A}{C}\right)$$

Escolha do Falante

No caso do falante WPU1509, teremos: $\theta_H = 180^\circ$; $\theta_V = 180^\circ$ em 300 Hz.

Abaixo disso podemos considerar a cobertura onidirecional.

Escolhendo $\alpha_{MV} = 180^\circ$, vem: $\alpha = \alpha_{MV} - \frac{\theta_V}{2} = 180^\circ - \frac{90^\circ}{2} = 0^\circ$

As relações abaixo estão satisfeitas pois:

$$180^\circ \geq (\alpha + \theta) > 90^\circ \quad \therefore \quad 180^\circ \geq (0^\circ + 180^\circ) > 90^\circ$$

e

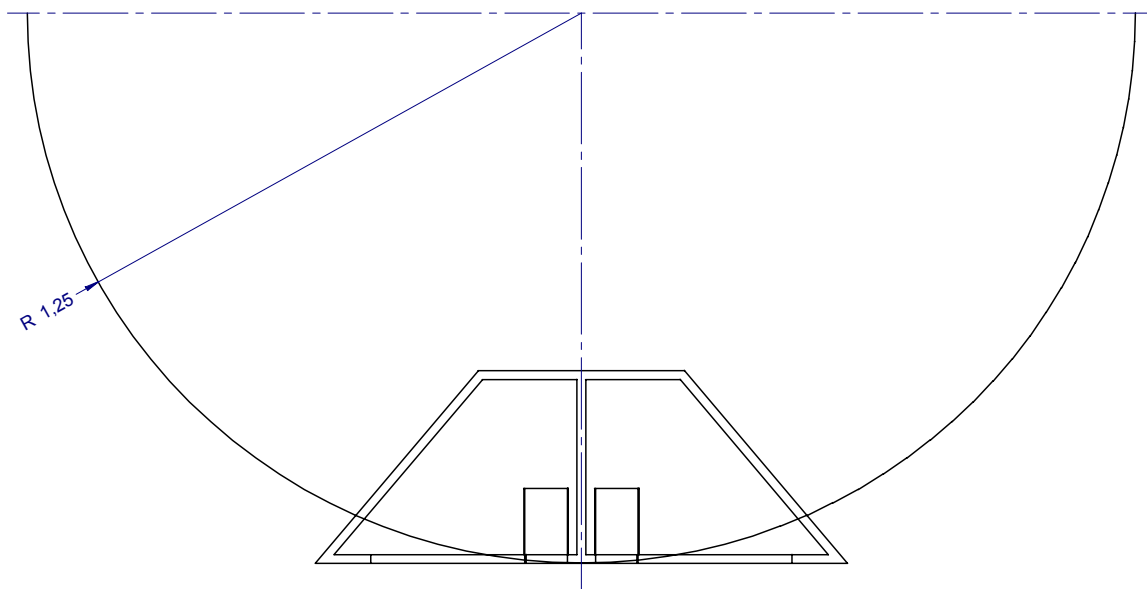
$$180^\circ > (\alpha + \theta) > \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{A}{C}\right) \quad \therefore \quad 180^\circ \geq (0^\circ + 180^\circ) > \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{14}{21,5}\right) \quad \therefore \quad 180^\circ \geq (180^\circ) > 33^\circ$$

$$C_1 = -A \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \theta - 90) \quad \therefore \quad C_1 = -14 \cdot \operatorname{tg}(0^\circ + 180^\circ - 90^\circ) \quad \therefore \quad C_1 = -14 \cdot \operatorname{tg}(90^\circ)$$

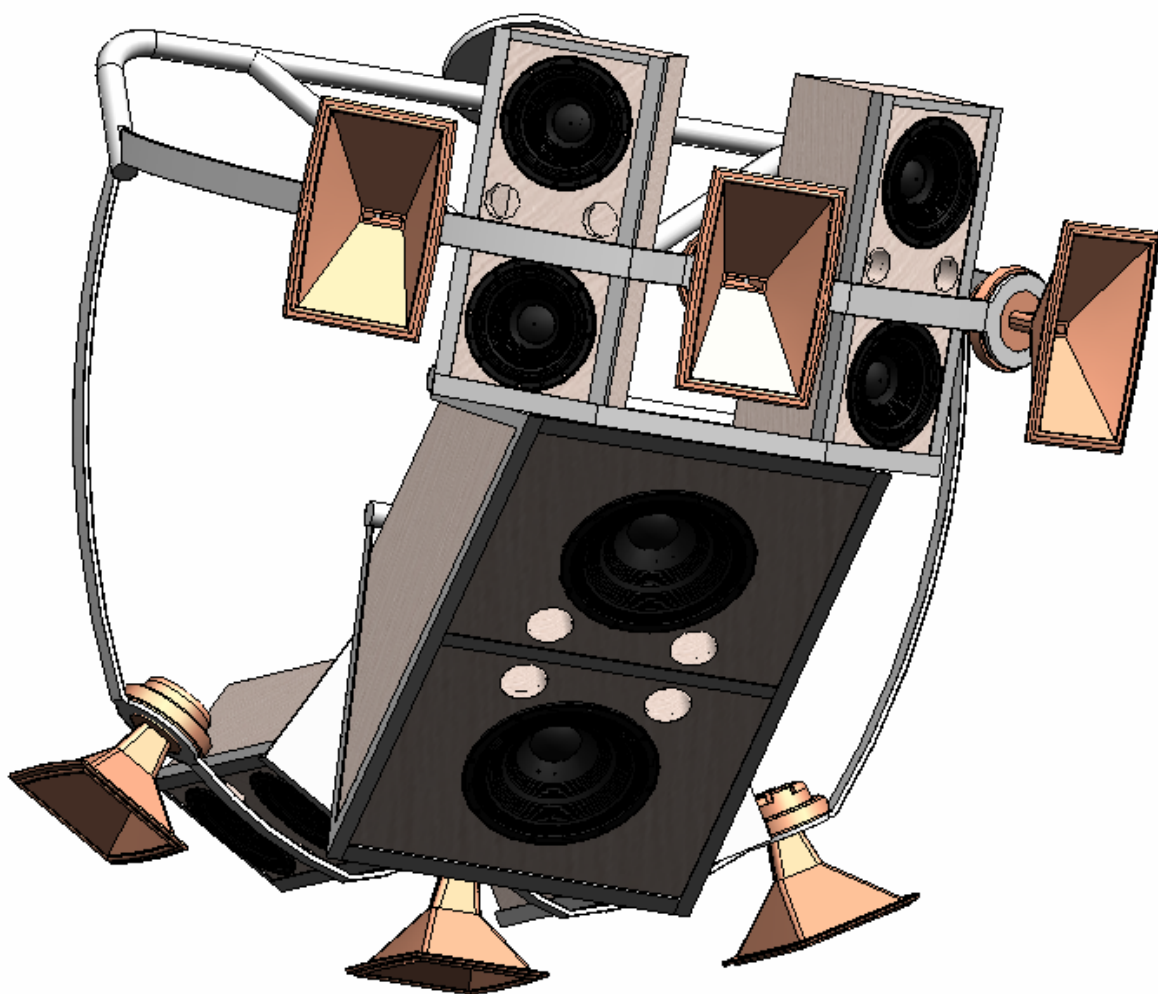
$$C_1 = -14 \cdot \infty = -\infty$$

Ó valor infinito indica que a cobertura será tangente aos extremos.

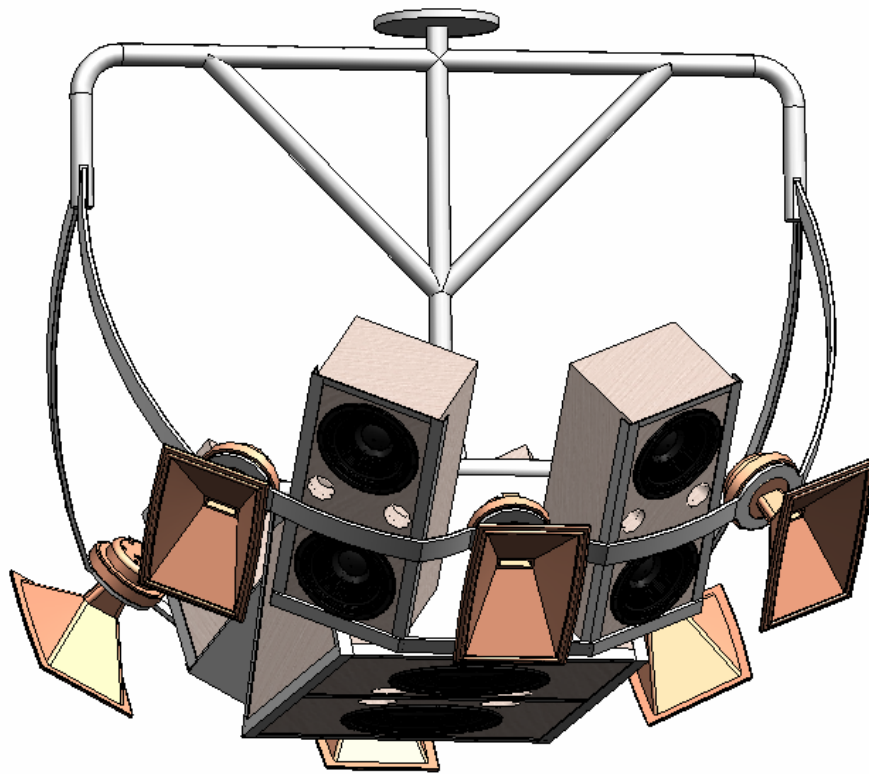
Desse modo, apenas um falante seria suficiente para fazer a cobertura na faixa de graves mas, por razões de dissipação de potência, utilizaremos dois.



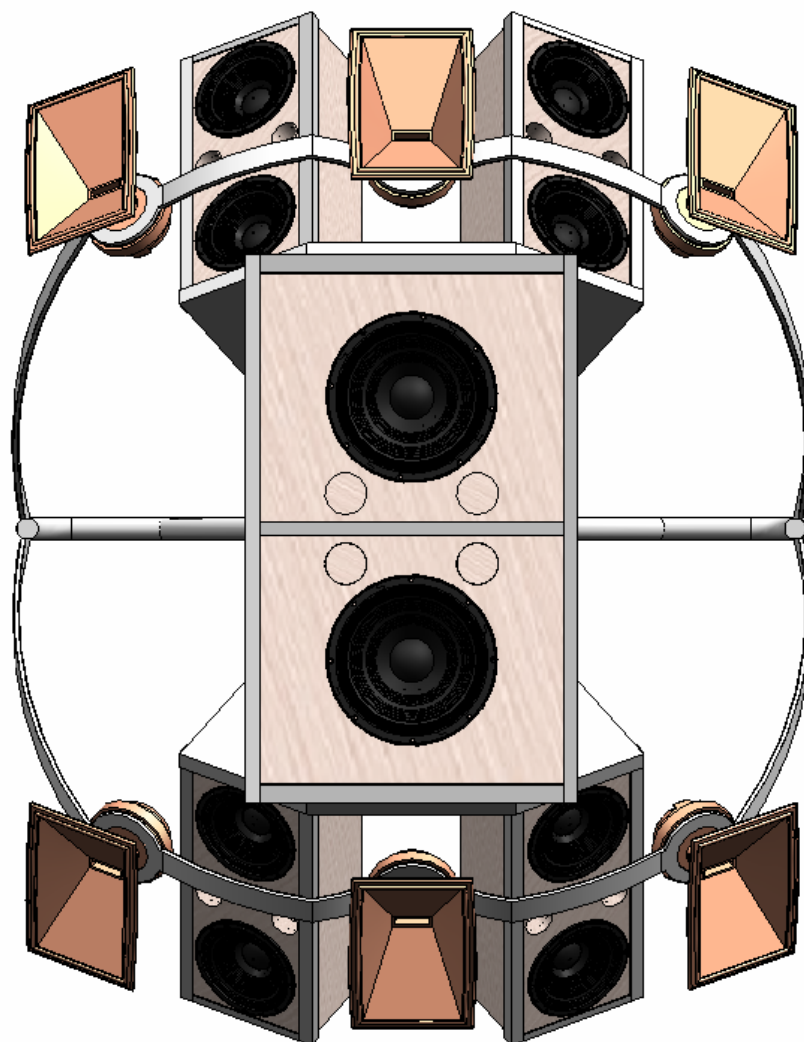
Montagem das Caixas de Graves



O cluster completo.



O cluster completo.



Caixa de Médio Graves

A via de médio graves deverá responder na faixa de 300 a 1200 Hz, utilizando duas caixas tipo refletor de graves, cada uma com dois falantes 10MB1P ou 10MB3P, um par de caixas para cada metade do cluster.

Ver desenho técnico anexo para maiores detalhes.

Caixa de Graves

A via de graves responderá na faixa de 50 Hz a 300 Hz, utilizando uma caixa refletora de graves, dotada de um falante WPU1505 ou WPU1509, para cada metade do cluster.

Ver desenho técnico anexo para maiores detalhes.

Amplificadores

Drivers D408TI

Os seis drivers D408TI serão distribuídos em dois grupos de três, associados em paralelo, um grupo em cada canal, o que dará uma impedância equivalente de 8/3, ou seja, aproximadamente 2,67 Ohms.

Será usado o modelo Z1, da Studio R, com capacidade para fornecer 600 Watts por canal em 2 Ohms. Neste caso, cada driver receberá uma potência máxima de, aproximadamente, 200 Watts, o que exigirá a utilização de um processador digital com o limiter corretamente programado e atuante.



X1	Potência total:	Potência por canal:	Potência por falante:
2 ohms	1.200 w RMS	600 w RMS	8x150 w RMS
4 ohms	800 w RMS	400 w RMS	4x200 w RMS
8 ohms	500 w RMS	250 w RMS	2x250 w RMS

Falantes 10MB1P

Os oito falantes 10MB1P (médio-graves) serão distribuídos em dois grupos de quatro, associados em paralelo, um grupo em cada canal, o que dará uma impedância equivalente de 2 Ohms.

Será usado o modelo X5, da Studio R, com capacidade para fornecer 2800 Watts por canal em 2 Ohms, o que dará uma potência de 700 Watt por falante.

O uso de processador digital, com limitador adequadamente programado, será necessário.



X5	Potência total:	Potência por canal:	Potência por falante:
2 ohms	5.600 w RMS	2.800 w RMS	8x700 w RMS
4 ohms	3.500 w RMS	1.750 w RMS	4x875 w RMS
8 ohms	2.000 w RMS	1.000 w RMS	2x1.000 w RMS

Falantes WPU1509

Os dois falantes WPU1509 (graves) ficarão associados em paralelo em um dos canais de um amplificador X5, da Studio R, capaz de fornecer 875 Watts para cada falante de 8 Ohms.

O canal não utilizado ficará como reserva para atender eventuais necessidades das vias de graves ou médio-graves.

O uso de processador digital, com limitador adequadamente programado, é recomendado, embora não seja indispensável, pois a proteção do próprio amplificador atua adequadamente nesta faixa de frequência.

Processador de Sinais

Todo o processamento (crossover, delay, equalizadores, limiters) ficará a cargo do modelo DCX2496, da Behringer. Com duas entradas e 6 saídas, acomoda perfeitamente um sistema estéreo de 3 vias, como é o caso do presente projeto.

ULTRADRIVE PRO DCX2496

Ultra High-Precision Digital 24-Bit/96 kHz Loudspeaker Management System



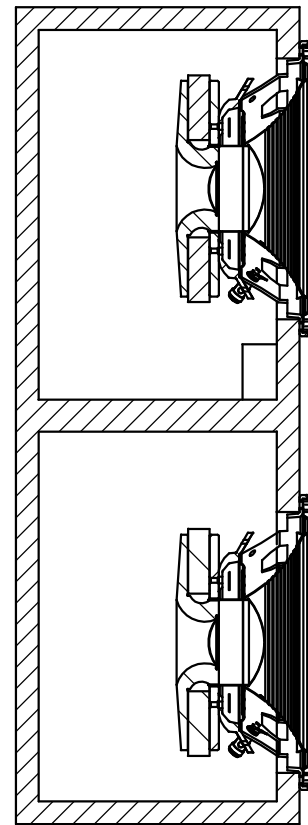
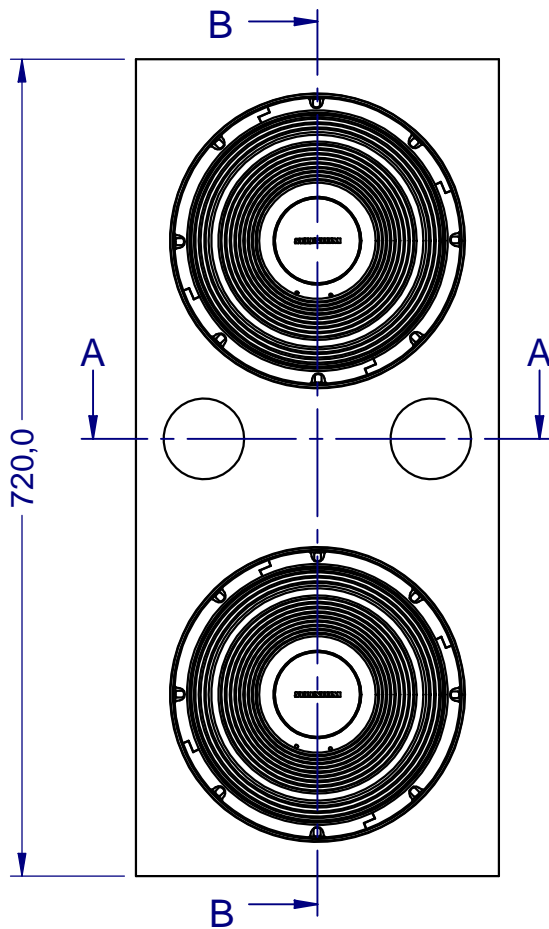
The ULTRADRIVE PRO DCX2496 is *the* ultimate digital loudspeaker management system with an unheard-of audio quality and feature list. It is an indispensable tool for the precise set-up of multiple loudspeaker systems or arrays. Installation contractors, live-sound engineers, cinemas/discotheques/concert hall operators will quickly learn to love this model's rich features. Signals can be split in various ways to assure precise sound by using the optimal **frequency** range of each loudspeaker.

Start with its 3 analog inputs (one suitable as a digital stereo **AES/EBU** input) and 6 analog outputs. You get maximum flexibility in just one rack space. Superb high-end AKM® 24-bit/96 kHz A/D and D/A converters give you ultimate signal integrity and an extreme **dynamic** range of 113 dB. Easy connection of external digital signals with sampling rates from 32 to 96 kHz is a breeze with the integrated sample rate converter. There are precise **dynamic EQs** for level-dependent equalization and extremely musical parametric EQs, selectable for all inputs and outputs, and "Zero"-attack **limiters** on all output channels guarantee optimal signal and loudspeaker protection.

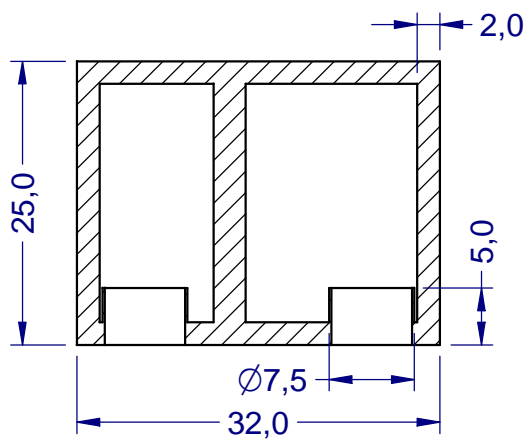
You also get four different mono and stereo output operating modes, all with individual **crossover** filter types (Butterworth, Bessel and Linkwitz-Riley) with selectable roll-off characteristics from 6 to 48 dB/octave. The **delays** for all inputs and outputs are adjustable. This allows you to manually or automatically correct for room temperature, phase and arrival time differences. An additional sum signal is easily derived from the A/B/C inputs.

Now that remote control is such a hot topic, you'll be glad that the future-proof ULTRADRIVE PRO software enables single or multi remote control via PC through RS-232 and RS-485 interfaces. And the link option via RS-485 network interface enables cascading of several ULTRADRIVE PROs. A Windows®-based editing software is available for download free of charge. No matter what the future brings, its open architecture assures easy software updates. A **PCMCIA** slot allows you to store all your settings and recall them anytime you change the location—virtually taking your ULTRADRIVE PRO with you.

But don't be fooled by the ULTRADRIVE PRO's sleek design. Its high-power 32-bit SHARC®-DSP and ultra-high resolution CRYSTAL®/AKM® A/D & D/A converter provide outstanding audio performance—and the servo-balanced, gold-plated **XLRL** connectors for all inputs and outputs guarantee excellent connectivity for the years to come.



SECTION B-B



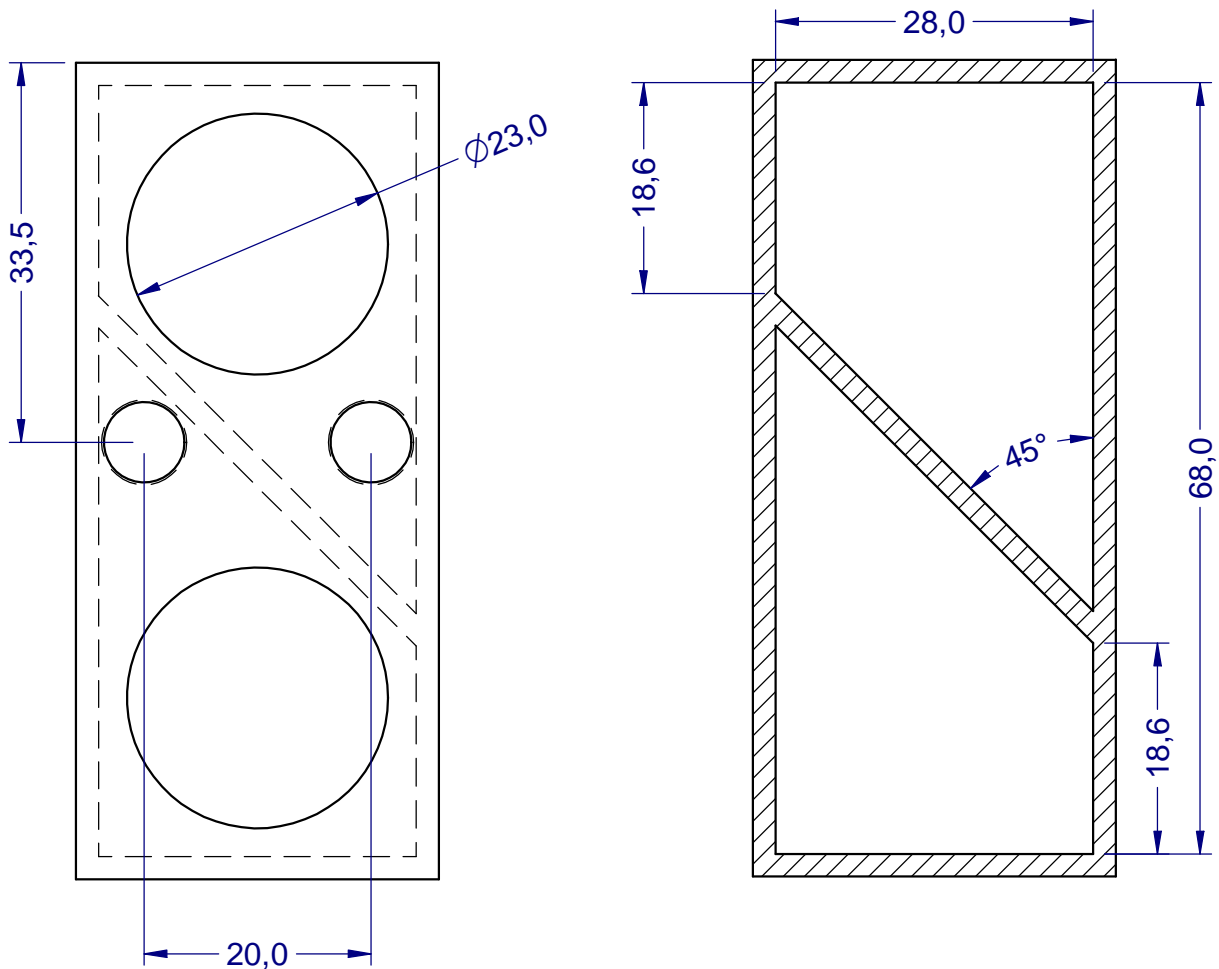
SECTION A-A



Este componente deve ser fornecido/fabricado em conformidade com a Diretiva 2002/95/CE do Parlamento Europeu e do Conselho da União Européia (RoHS) - de 27 de Janeiro de 2003.

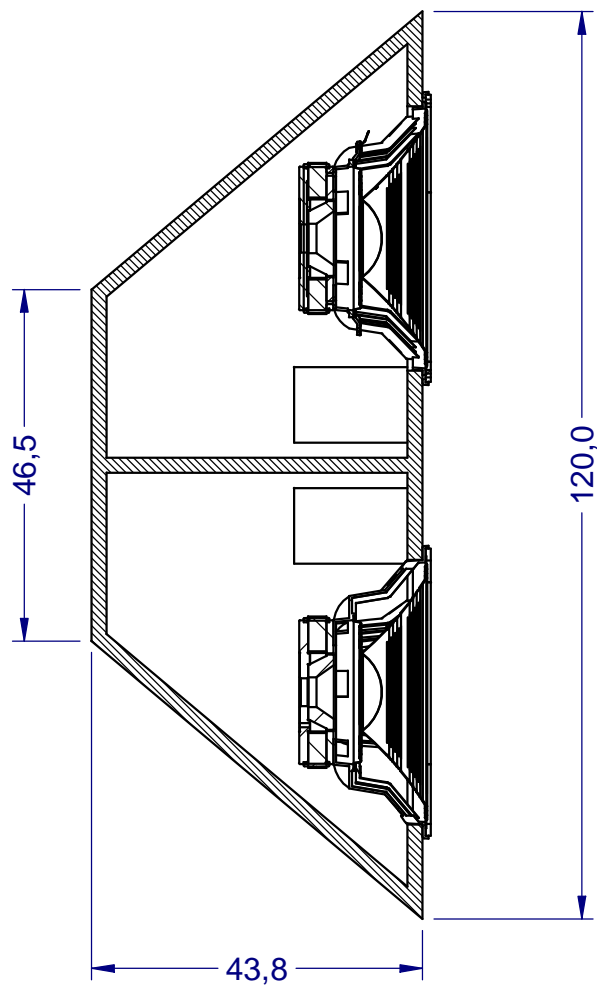
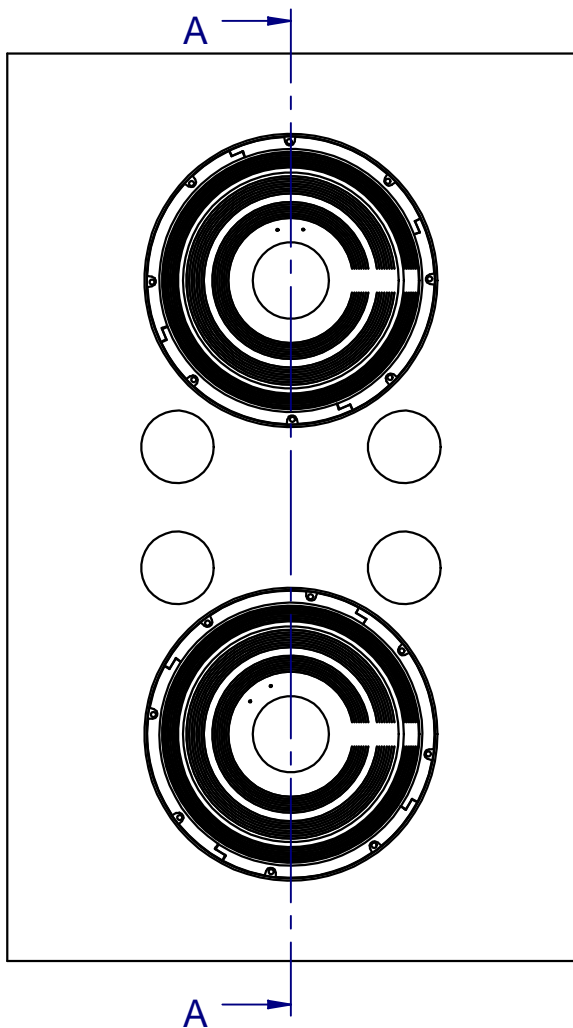
This part must be supplied/manufactured according to Directive 2002/95/CE from European Parliament and European Union Council (RoHS) - 27th January/2003.

Alto-Falantes: 10MB1P ou 10MB3P

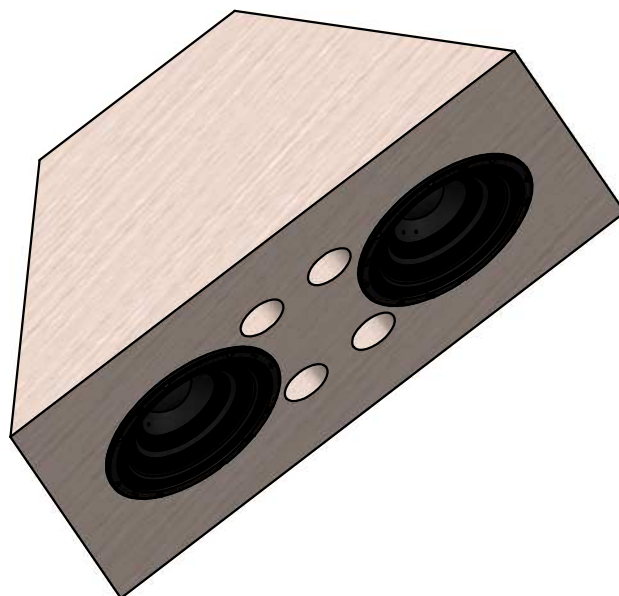


Este componente deve ser fornecido/fabricado em conformidade com a Diretiva 2002/95/CE do Parlamento Europeu e do Conselho da União Européia (RoHS) - de 27 de Janeiro de 2003.

This part must be supplied/manufactured according to Directive 2002/95/CE from European Parliament and European Union Council (RoHS) - 27th January/2003.



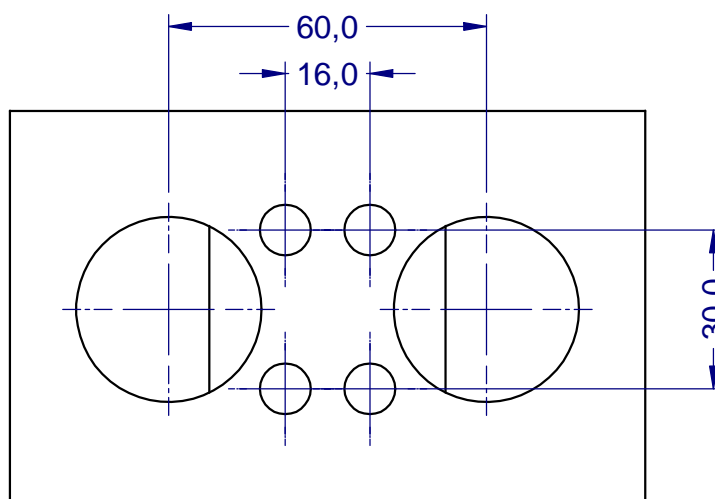
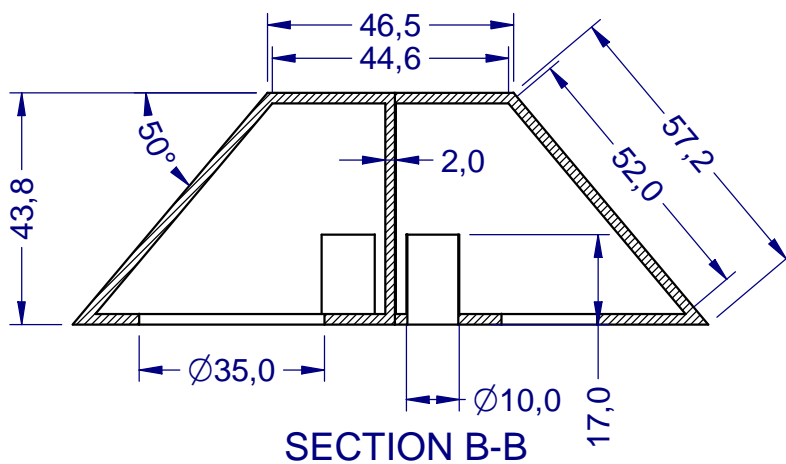
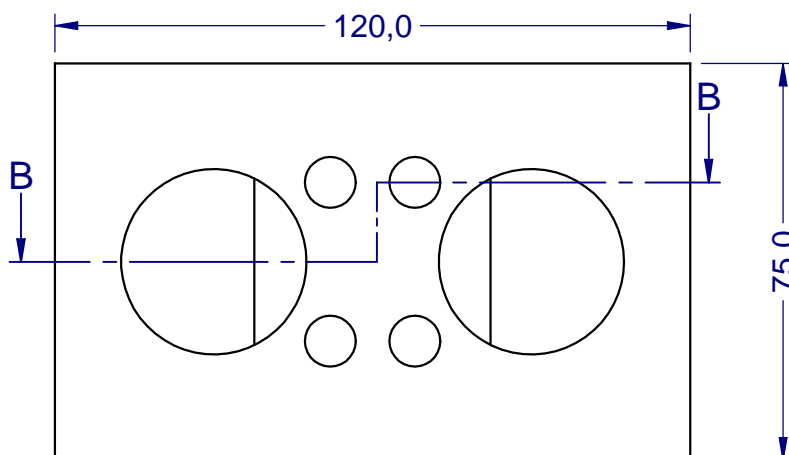
SECTION A-A



Este componente deve ser fornecido/fabricado em conformidade com a Diretiva 2002/95/CE do Parlamento Europeu e do Conselho da União Européia (RoHS) - de 27 de Janeiro de 2003.

This part must be supplied/manufactured according to Directive 2002/95/CE from European Parliament and European Union Council (RoHS) - 27th January/2003.

Alto-falantes: WPU1505 ou WPU1509



Este componente deve ser fornecido/fabricado em conformidade com a Diretiva 2002/95/CE do Parlamento Europeu e do Conselho da União Européia (RoHS) - de 27 de Janeiro de 2003.

This part must be supplied/manufactured according to Directive 2002/95/CE from European Parliament and European Union Council (RoHS) - 27th January/2003.

Equipe de Projeto

Homero Sette Silva – SELENIUM

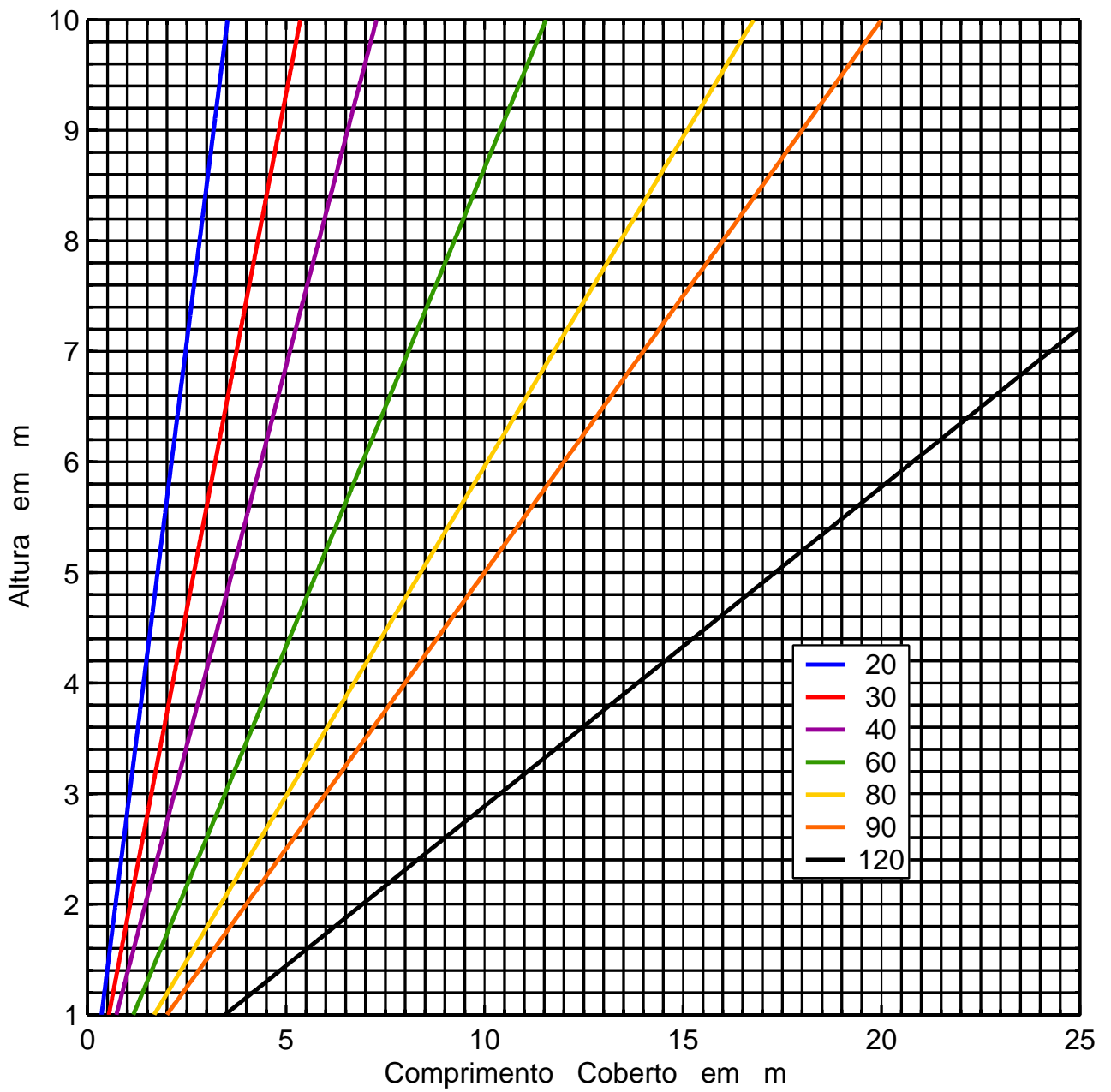
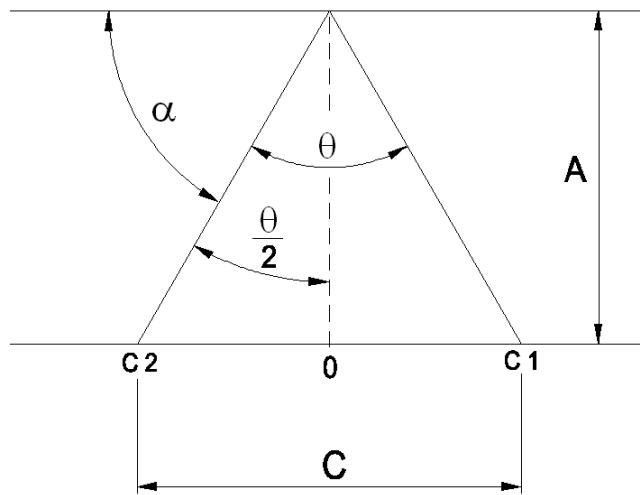
Leandro Daniel de Souza – ULBRA

Manfred Igor Treter – SELENIUM

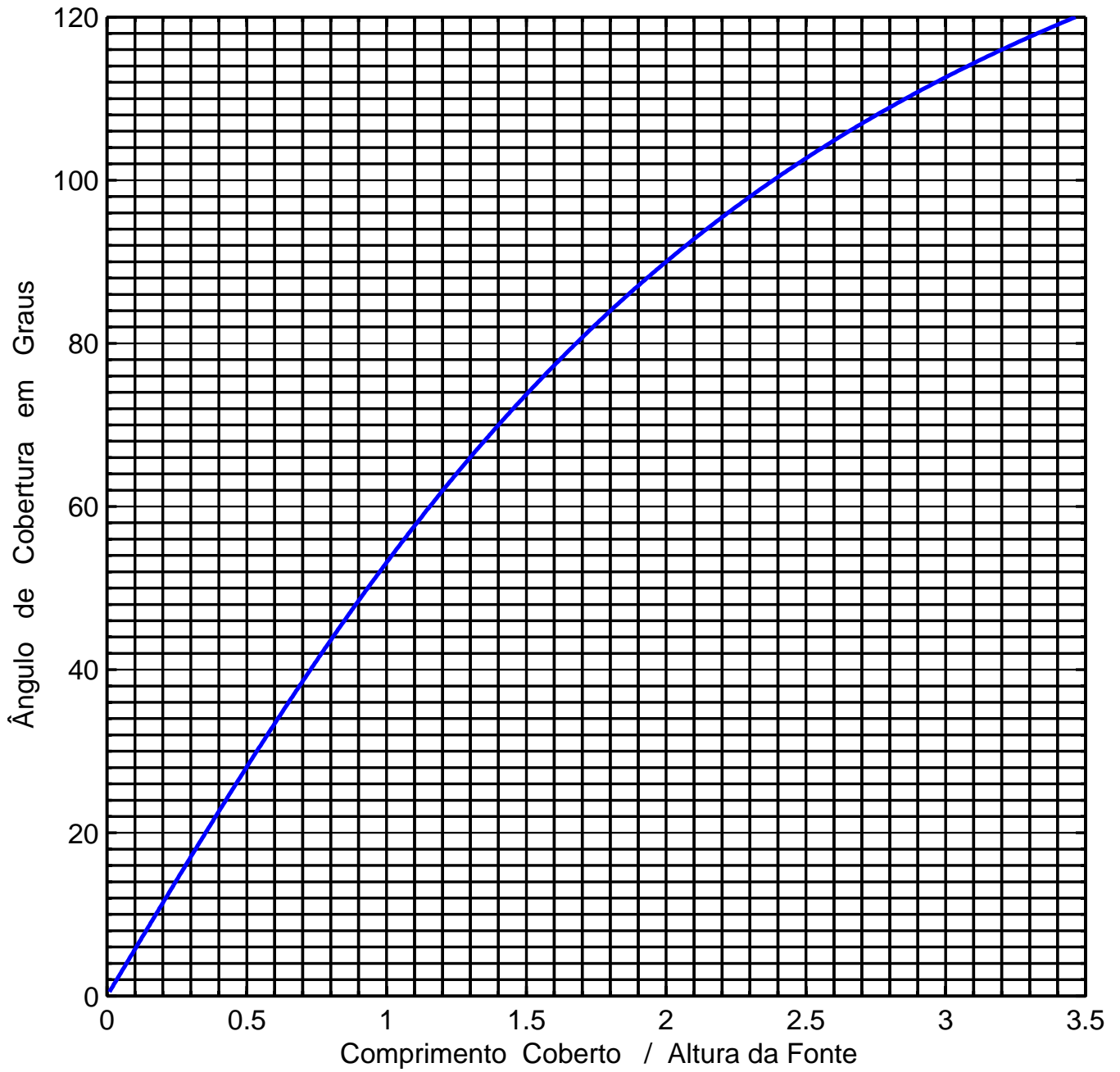
Marcos Roberto Sobrinho da Silva - SELENIUM

Anexo – Situações Típicas de Cobertura

Cobertura Ortogonal



Cobertura Ortogonal Normalizada



Cobertura Ortogonal

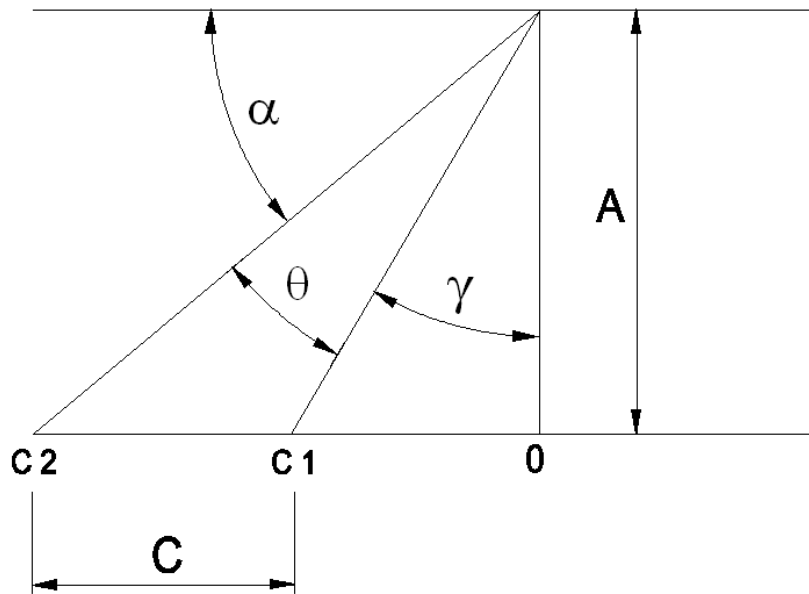
$$\frac{C_2}{A} = \operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad ; \quad C_1 = -C_2$$

$$C = C_2 - C_1 = 2 \cdot C_2 = 2 \cdot A \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

$$\frac{C}{A} = 2 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

Cobertura em Função dos ângulos e da Altura da Fonte

Primeiro Caso: $0^\circ < (\alpha + \theta) < 90^\circ$



$$\gamma = 90^\circ - \alpha - \theta$$

$$\frac{C_2}{A} = \operatorname{tg}(\theta + \gamma) = \operatorname{tg}(\theta + 90^\circ - \alpha - \theta) = \operatorname{tg}(90^\circ - \alpha)$$

$$C_2 = A \cdot \operatorname{tg}(90^\circ - \alpha)$$

$$\alpha = 90^\circ - \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{C_2}{A}\right)$$

$$\frac{C_1}{A} = \operatorname{tg}(\gamma) = \operatorname{tg}(90^\circ - \alpha - \theta)$$

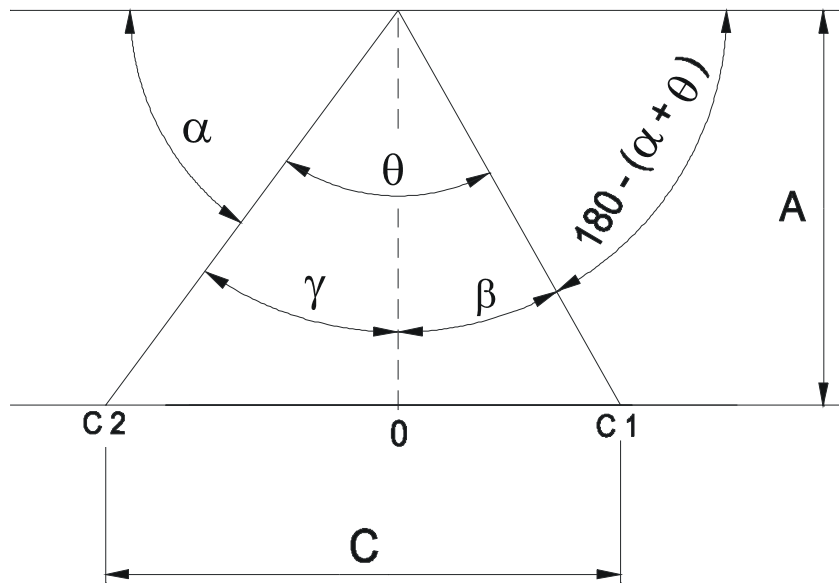
$$C_1 = A \cdot \operatorname{tg}(90^\circ - \alpha - \theta)$$

$$C = C_2 - C_1$$

$$\alpha = 90^\circ - \theta - \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{C_1}{A}\right) \quad ; \quad \theta = 90^\circ - \alpha - \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{C_1}{A}\right)$$

$$\frac{C}{A} = \operatorname{tg}(90^\circ - \alpha) - \operatorname{tg}(90^\circ - \alpha - \theta)$$

Segundo Caso: $180^\circ > (\alpha + \theta) \geq 90^\circ$ e $\alpha < 90^\circ$



$$\gamma = 90^\circ - \alpha \quad ; \quad \beta = \alpha + \theta - 90^\circ$$

$$\frac{C_2}{A} = \text{tg}(\gamma) = \text{tg}(90^\circ - \alpha)$$

$$C_2 = A \cdot \text{tg}(90^\circ - \alpha)$$

$$\alpha = 90^\circ - \text{tg}^{-1}\left(\frac{C_2}{A}\right)$$

$$\frac{C_1}{A} = \text{tg}(\beta) = \text{tg}(\alpha + \theta - 90^\circ)$$

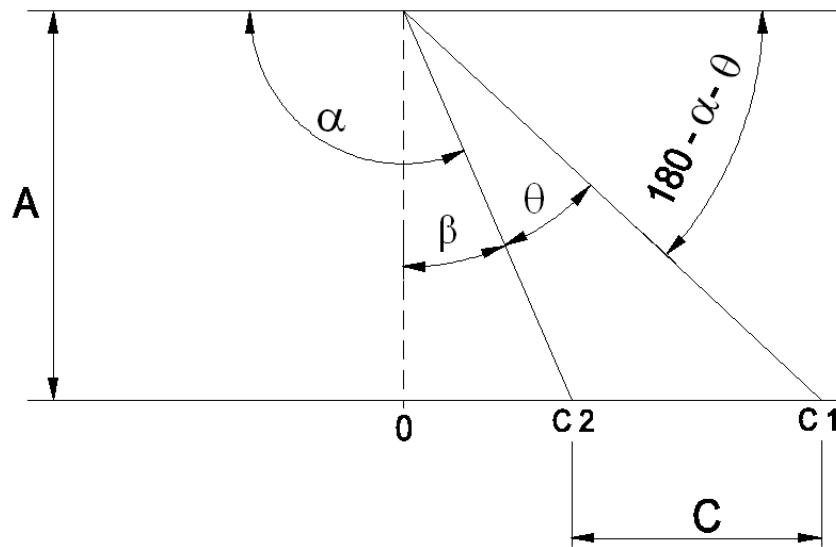
$$C_1 = A \cdot \text{tg}(\alpha + \theta - 90^\circ)$$

$$\alpha = 90^\circ - \theta + \text{tg}^{-1}\left(\frac{C_1}{A}\right) \quad ; \quad \theta = 90^\circ - \alpha + \text{tg}^{-1}\left(\frac{C_1}{A}\right)$$

$$C = C_2 + C_1$$

$$\frac{C}{A} = \text{tg}(90^\circ - \alpha) + \text{tg}(\alpha + \theta - 90^\circ)$$

Terceiro Caso: $180^\circ > (\alpha + \theta) \geq 90^\circ$ e $\alpha \geq 90^\circ$



$$\beta = \alpha - 90^\circ$$

$$\frac{C_2}{A} = \operatorname{tg}(\beta) = \operatorname{tg}(\alpha - 90^\circ)$$

$$C_2 = A \cdot \operatorname{tg}(\alpha - 90^\circ)$$

$$\alpha = 90^\circ + \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{C_2}{A}\right)$$

$$\frac{C_1}{A} = \operatorname{tg}(\beta + \theta) = \operatorname{tg}(\alpha + \theta - 90^\circ)$$

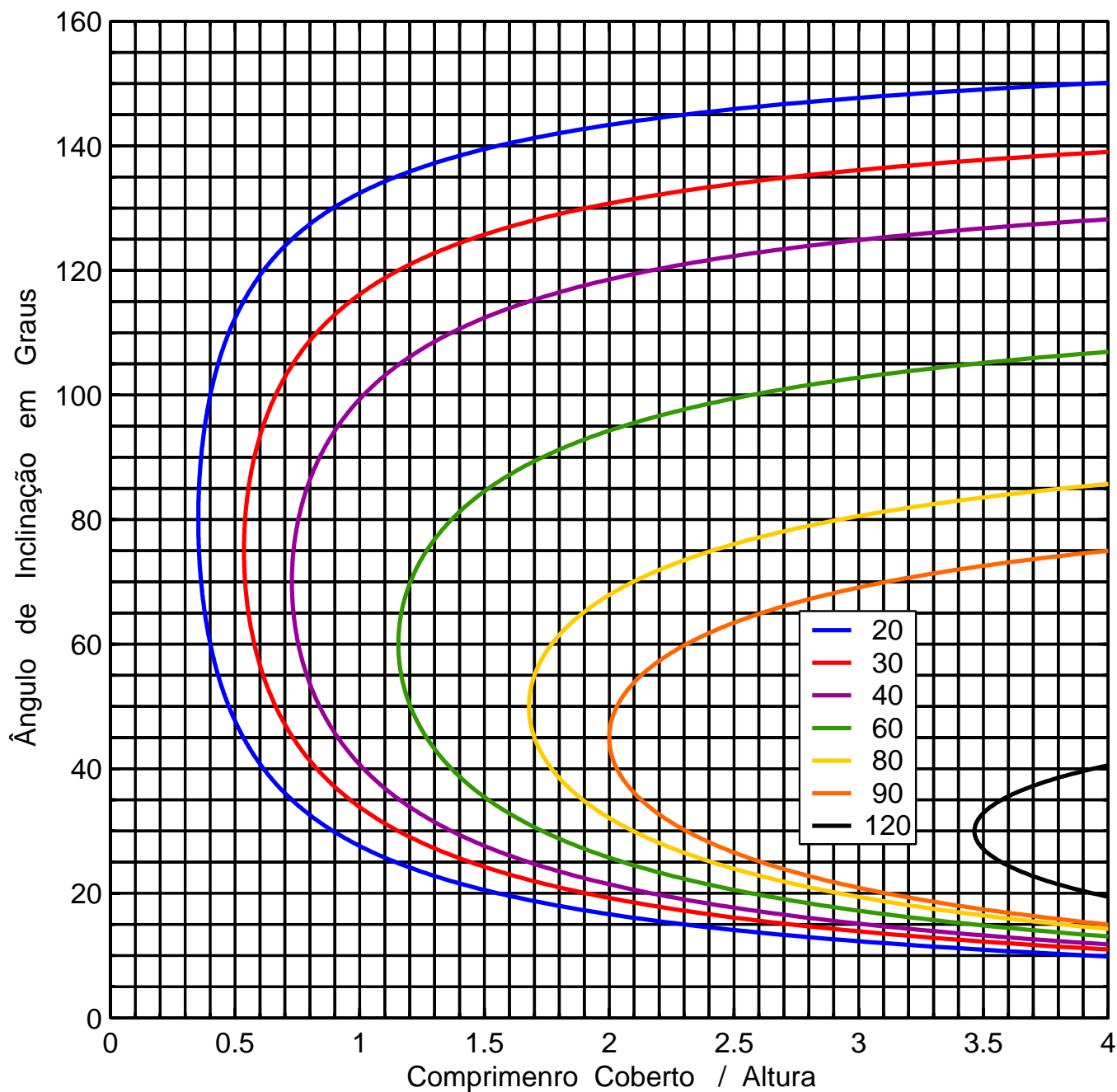
$$C_1 = A \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \theta - 90^\circ)$$

$$\alpha = 90^\circ - \theta + \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{C_1}{A}\right) \quad ; \quad \theta = 90^\circ - \alpha + \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{C_1}{A}\right)$$

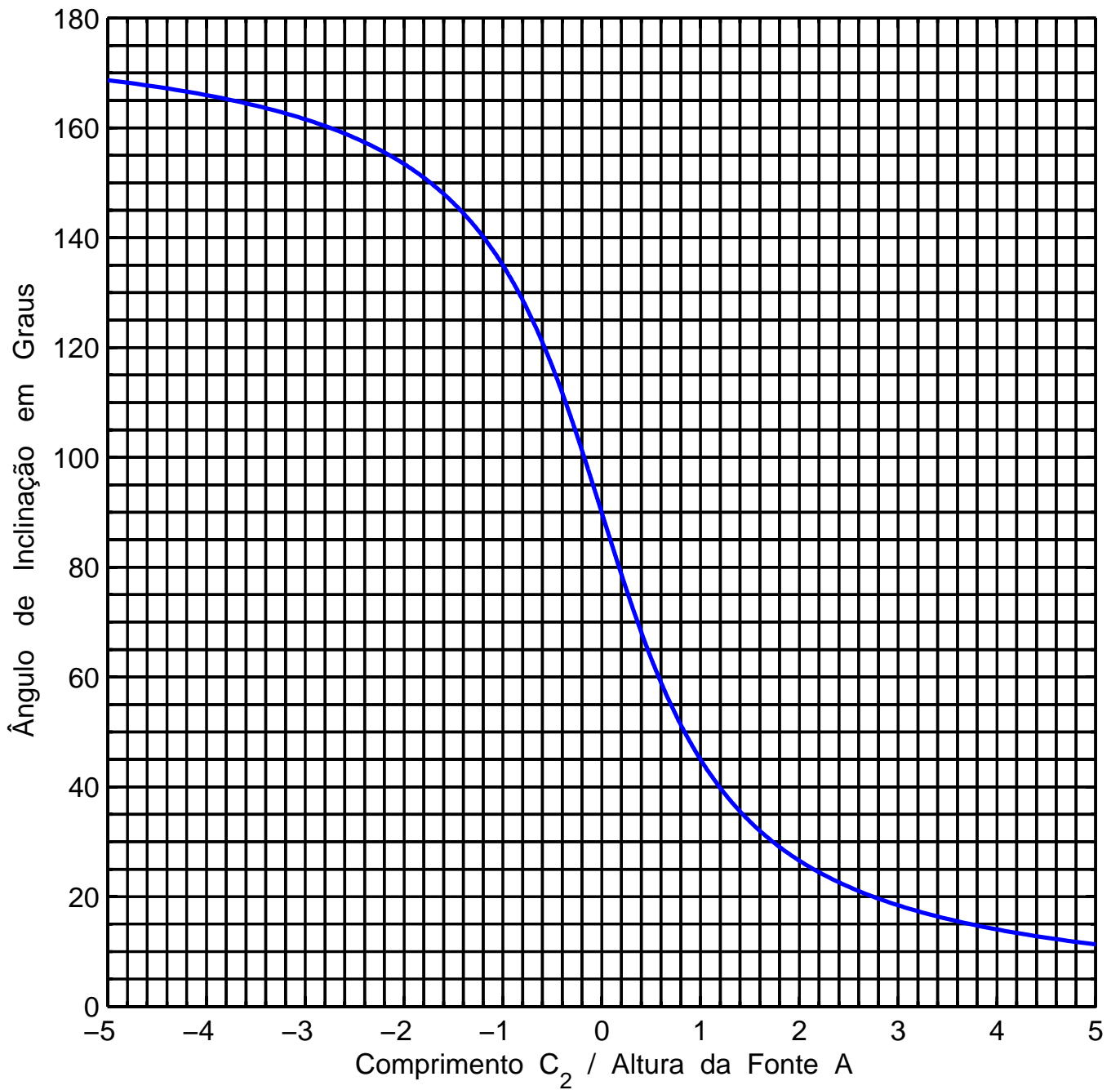
$$C = C_1 - C_2$$

$$\frac{C}{A} = \operatorname{tg}(\alpha + \theta - 90^\circ) - \operatorname{tg}(\alpha - 90^\circ)$$

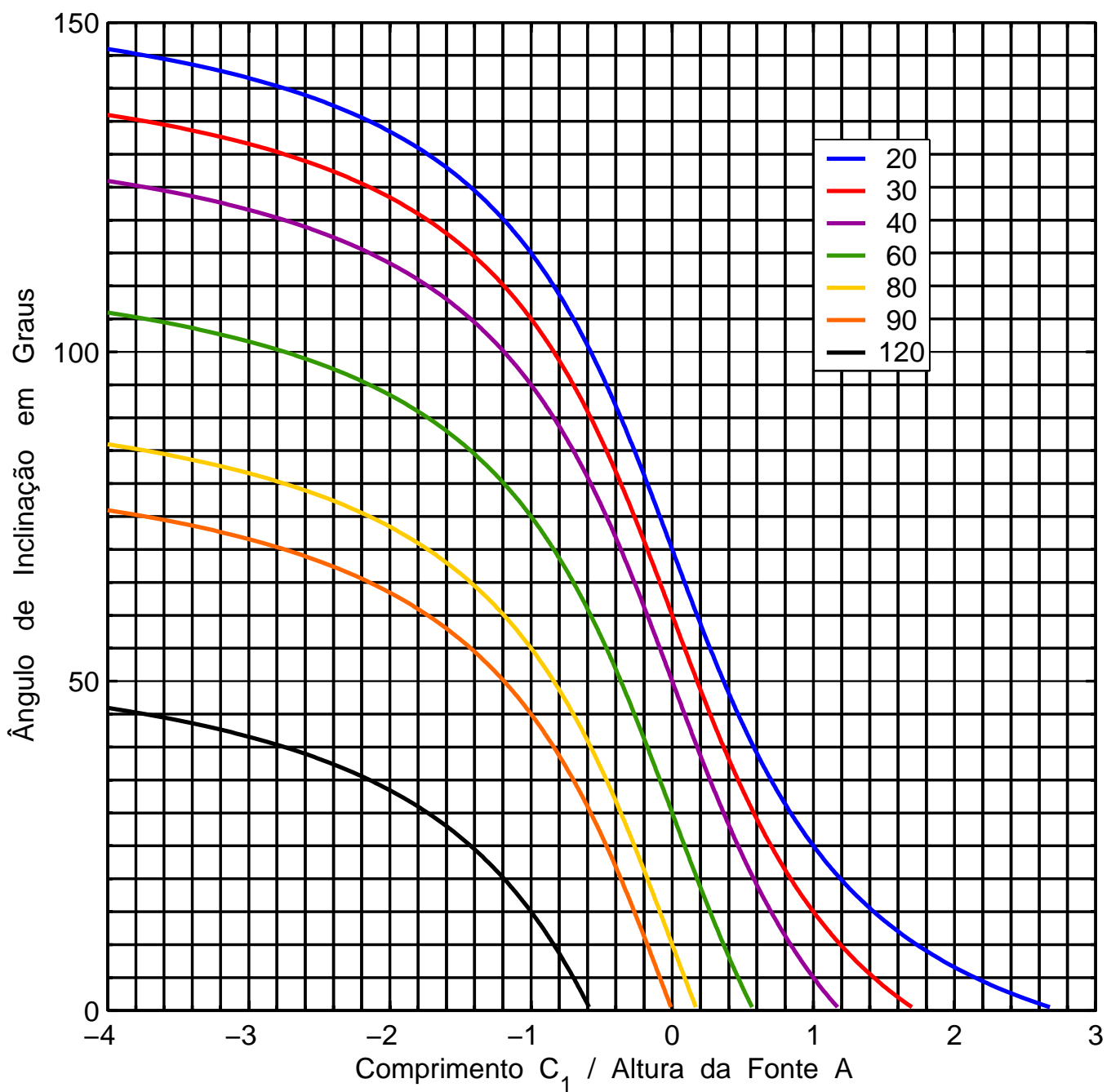
Cobertura Normalizada em Função dos ângulos e da Altura da Fonte



Cobertura Normalizada em Função dos ângulos e da Altura da Fonte

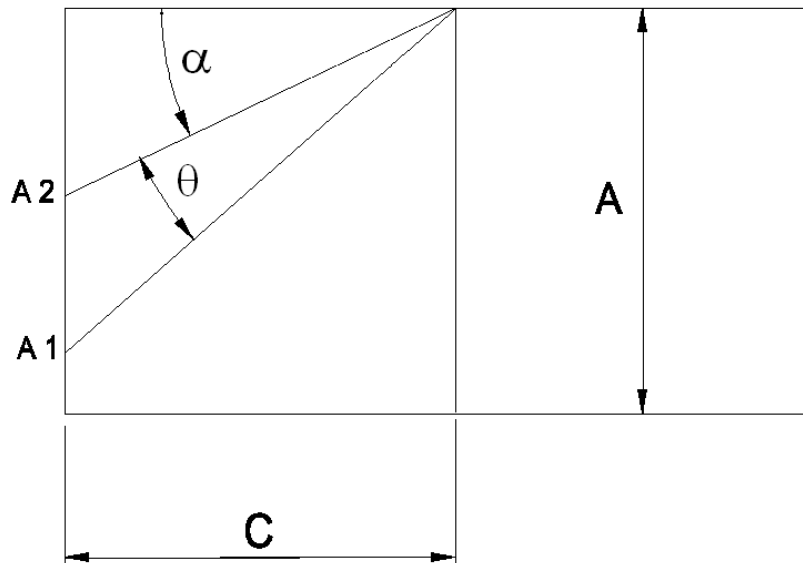


Cobertura Normalizada em Função dos ângulos e da Altura da Fonte



Projeção na Parede

Primeiro Caso: $0^\circ < (\alpha + \theta) \leq \text{tg}^{-1}\left(\frac{A}{C}\right)$



$$\frac{A - A_2}{C} = \text{tg}(\alpha) \quad \therefore \quad \frac{A_2}{C} = \frac{A}{C} - \text{tg}(\alpha)$$

$$\alpha = \text{tg}^{-1}\left(\frac{A - A_2}{C}\right)$$

$$\frac{A - A_1}{C} = \text{tg}(\alpha + \theta) \quad \therefore \quad \frac{A_1}{C} = \frac{A}{C} - \text{tg}(\alpha + \theta)$$

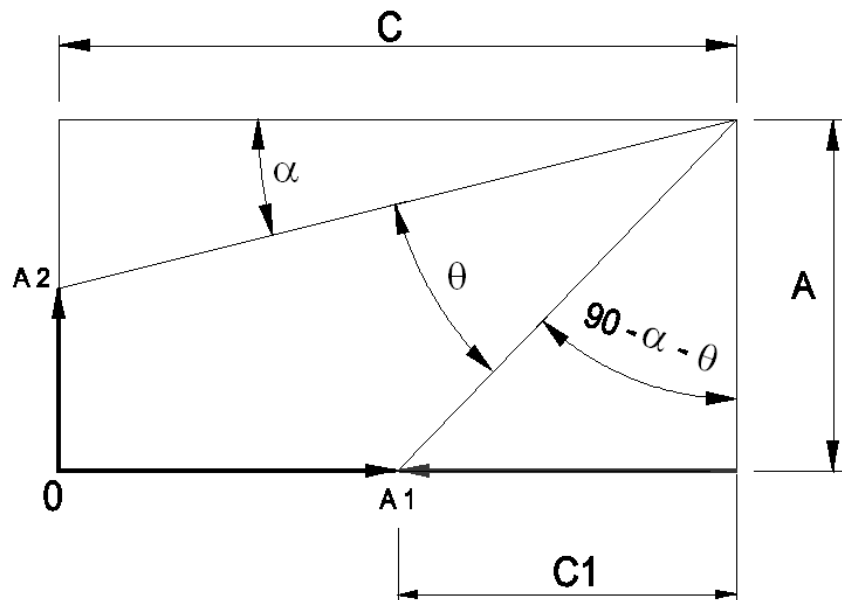
$$\alpha + \theta = \text{tg}^{-1}\left(\frac{A - A_1}{C}\right)$$

$$\text{Para } A_1 = 0 \Rightarrow \alpha + \theta = \text{tg}^{-1}\left(\frac{A}{C}\right)$$

Segundo Caso: $180^\circ > (\alpha + \theta) > \text{tg}^{-1}\left(\frac{A}{C}\right)$

e

$$\alpha < \text{tg}^{-1}\left(\frac{A}{C}\right)$$



$$\frac{A - A_2}{C} = \text{tg}(\alpha) \quad \therefore \quad \frac{A_2}{C} = \frac{A}{C} - \text{tg}(\alpha)$$

$$\alpha = \text{tg}^{-1}\left(\frac{A - A_2}{C}\right)$$

$$\frac{C - A_1}{A} = \text{tg}(90^\circ - \alpha - \theta) \quad \therefore \quad \frac{A_1}{A} = \frac{C}{A} - \text{tg}(90^\circ - \alpha - \theta)$$

$$\alpha + \theta = 90^\circ - \text{tg}^{-1}\left(\frac{C - A_1}{A}\right)$$

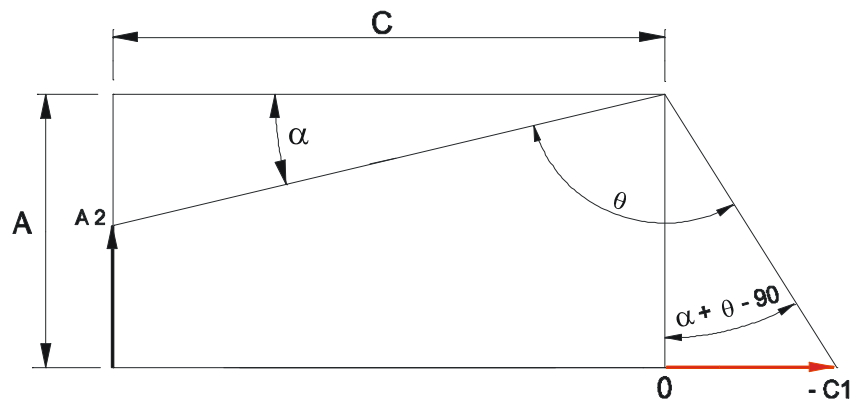
$$C_1 = C - A_1$$

Terceiro Caso:

$$180^\circ > (\alpha + \theta) > 90^\circ$$

e

$$180^\circ > (\alpha + \theta) > \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{A}{C}\right)$$



$$\frac{C_1}{A} = -\operatorname{tg}(\alpha + \theta - 90)$$

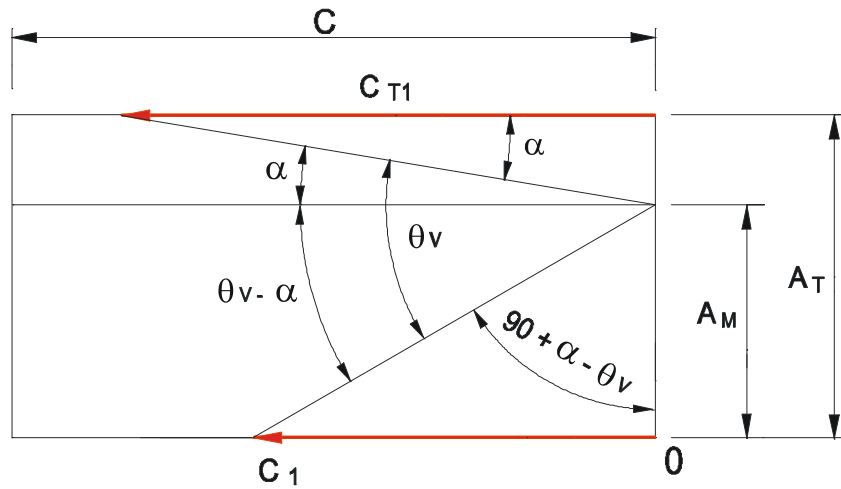
$$C_1 = -A \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \theta - 90)$$

$$\alpha = \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{A - A_2}{C}\right)$$

$$\theta = 90 - \alpha - \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{C_1}{A}\right) \quad (\text{onde } C_1 \text{ entra com valor positivo})$$

Quarto Caso: $\alpha < 0$ e

$$180^\circ > (\alpha + \theta) > \text{tg}^{-1}\left(\frac{A}{C}\right)$$



Nas equações abaixo, entrar com o valor de α positivo.

$$\frac{C_1}{A_M} = \text{tg}(90 + \alpha - \theta_v)$$

$$C_1 = A_M \cdot \text{tg}(90 + \alpha - \theta_v)$$

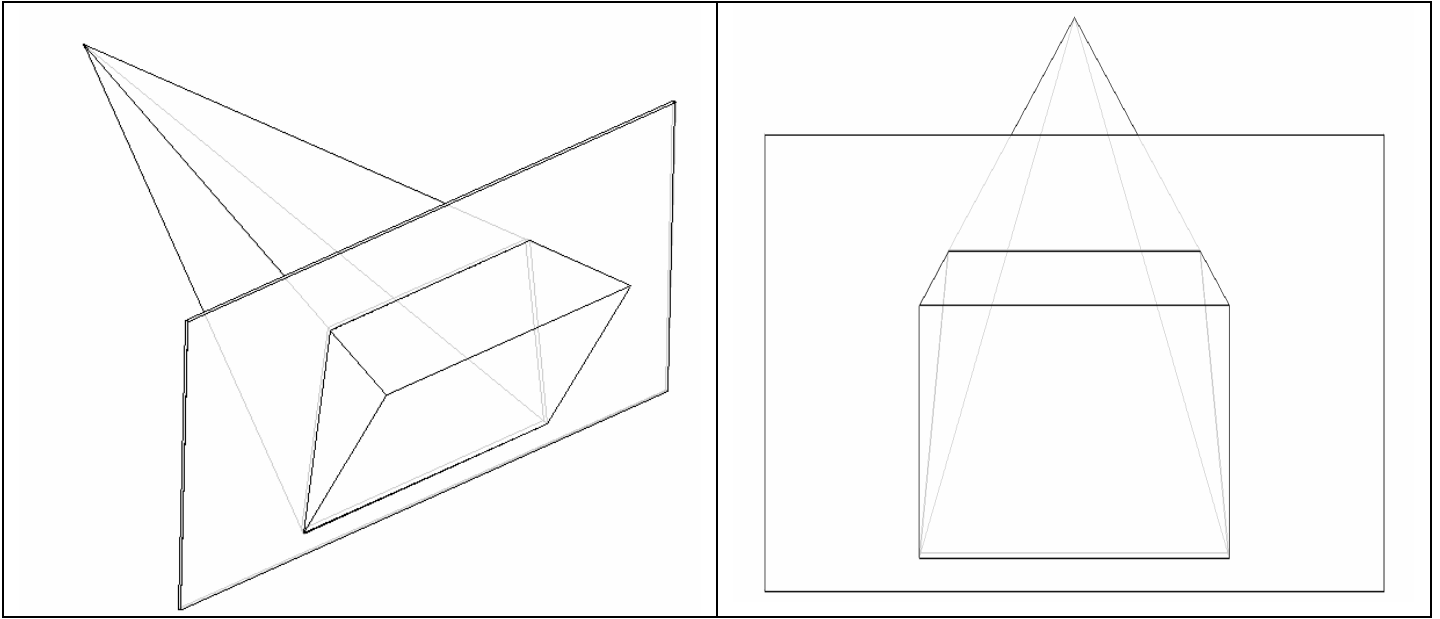
$$\text{tg}^{-1}\left(\frac{C_1}{A_M}\right) = 90 + \alpha - \theta_v$$

$$\alpha = \theta_v + \text{tg}^{-1}\left(\frac{C_1}{A_M}\right) - 90$$

$$\frac{A_T - A_M}{C_{T1}} = \text{tg}(\alpha)$$

$$C_{T1} = \frac{A_T - A_M}{\text{tg}(\alpha)}$$

Cobertura Horizontal



Diferenças na cobertura horizontal para ouvintes situados em um mesmo plano, mas em alturas diferentes.

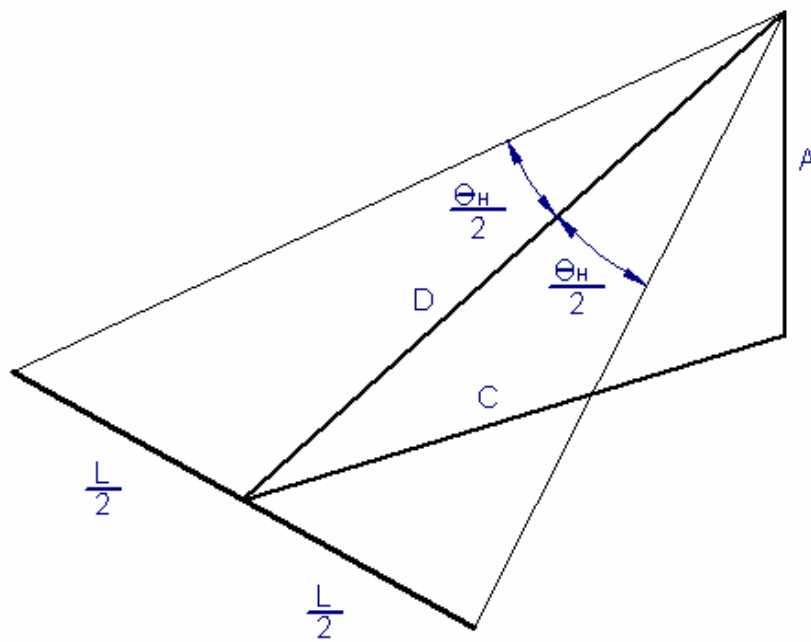
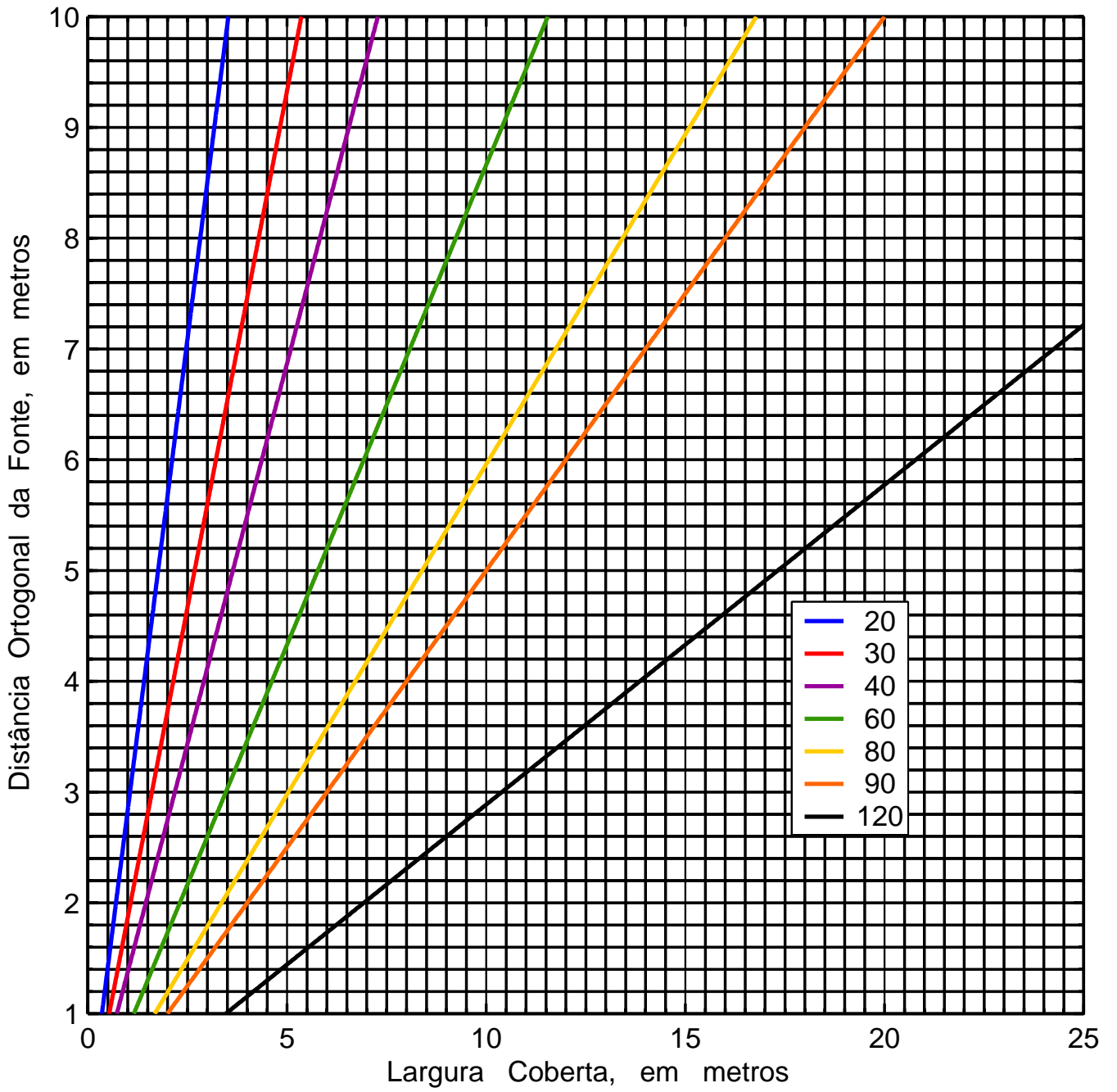


Diagrama geométrico da cobertura horizontal.

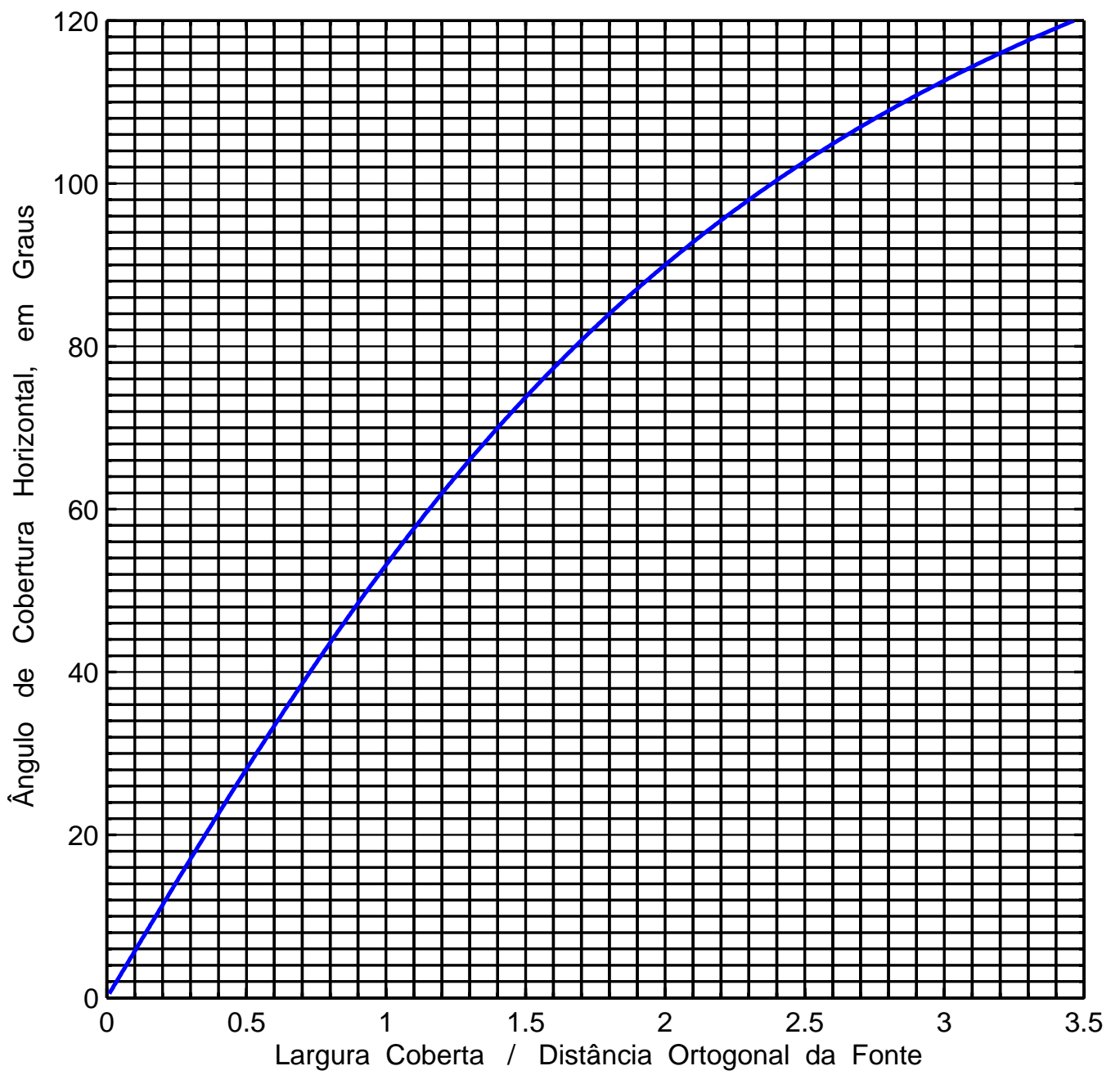
$$L = 2 \cdot D \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\theta_H}{2}\right)$$

$$D = \sqrt{C^2 + A^2}$$

Cobertura Horizontal



Cobertura Horizontal Normalizada



Distância Ortogonal Normalizada

