

No caso de absorção sonora, os raios incidentes são absorvidos pela barreira, de forma que a porcentagem refletida se torna insignificante. O que determina se um material é bom absorvente acústico é o seu coeficiente de absorção da energia sonora, de acordo com a frequência em questão. Em barreiras acústicas absorventes, deve-se cuidar para que os raios sonoros incidentes e absorvidos não sejam transmitidos para o lado oposto da barreira, atingindo a área a ser protegida.

Para Ana Filipa Barreto (2004), são preconizadas barreiras acústicas absorventes sempre que existam edificações do lado oposto da barreira ou quando as barreiras são colocadas dos dois lados de uma via, pois nestes casos, além do isolamento, há a necessidade de eliminar o nível sonoro produzido do lado da fonte sonora.

A escolha do material de uma barreira depende de dois fatores: primeiramente, conforme já explicado, do desempenho acústico que a barreira deve atingir para atenuar o ruído, ou seja, se deve ser uma barreira refletora ou absorvente, ou ainda os dois tipos conjugados; o segundo fator é que a escolha dos materiais fica condicionada às características predominantes do local e a forma como a barreira deve interagir com a paisagem, ou seja, se ela deve integrar-se ou causar contraste. Por exemplo, em áreas rurais, onde não há interesse de contraste, a barreira integrará a paisagem facilmente se for confeccionada de materiais orgânicos, como madeira conjugada com a vegetação.

O que pode também determinar, em alguns casos, o material a ser empregado numa barreira é a questão estrutural do local onde ela será instalada. Por exemplo, uma barreira sobre um viaduto deve ser constituída de um material leve, de forma a não comprometer a estrutura existente.

Levantadas as condicionantes para a escolha dos materiais de uma barreira, seguimos neste momento com o levantamento das principais características dos materiais mais empregados em barreiras acústicas urbanas até o presente.

Geralmente materiais densos, com superfícies homogêneas e planas, são considerados bons refletores sonoros, como, por exemplo, o concreto ou a madeira maciça. Já materiais porosos, heterogêneos e texturizados, são considerados bons absorventes sonoros, como espumas ou fibras. Este material poroso pode facear apenas um dos lados da barreira, onde se encontra a fonte sonora.

Vale ressaltar que, segundo a autora Ana Filipa Barreto (2004), para um material ser considerado um obstáculo à transmissão dos raios sonoros, funcionando como isolante acústico em barreiras, sua densidade deve ser superior a 30kg/m^2 .

Pela própria natureza, como lembram Kotzen e English (1999), as barreiras absorventes são sempre opacas. Já as barreiras refletoras podem ser opacas, servindo também como barreiras visuais, ou transparentes, permitindo comunicação visual entre as partes e oferecendo mais leveza visual à barreira. Nas barreiras transparentes, a luz também não é obstruída, como acontece nas barreiras opacas, e a sua visibilidade pode ser controlada por técnicas de jateamentos, lâminas coloridas ou outras, usadas quando a luz e/ou a visão devem ser parcialmente bloqueadas pela barreira.

Para que uma barreira seja absorvente, atenuando parte dos raios sonoros e ao mesmo tempo evitando que parte dessa energia absorvida seja transmitida para o lado do receptor, sugere-se usar os dois processos conjugados, ou seja, uma barreira com um sistema estrutural rígido e denso, revestida com material absorvente acústico.



Figura 77 Barreira com processo de isolamento e absorção conjugados – Estrutura em concreto compacto, faceada com tiras de concreto granular, em Milão, Itália.

Fonte: Kotzen e English (1999).

Tais painéis acústicos absorventes podem ser de diversos materiais. Os painéis metálicos são os mais utilizados em Portugal, pelo seu baixo custo e facilidade de montagem. Normalmente, são constituídos por caixões em chapa de aço galvanizado ou alumínio, com uma das faces perfurada por uma trama de orifícios de quatro diâmetros distintos e lã mineral no seu interior, o que permite exercer tanto a função de absorver como a de isolar o ruído, como se observa na figura 78



Figura 78 Barreira com painel absorvente em uma das faces, constituído por chapa metálica com perfurações de 6mm.

Fonte: Kotzen e English (1999).

As barreiras metálicas também podem ser exclusivamente refletoras, quando suas chapas são usadas planas e sem perfurações, o que muitas vezes permite mais ousadia no design, dando um efeito futurista e contrastante nas cidades, vide figura 79.

Portanto, as barreiras metálicas podem ser tanto absorventes, quanto refletoras, ou ter os dois métodos combinados. A altura dessas barreiras, geralmente, atinge entre 4 e 5m e resiste bem às intempéries, especialmente quando não são modificadas na cor e textura originais.



Figura 79 (a/b/c) Barreiras acústicas em alumínio.
Fonte: Kotzen e English (1999).

Segundo Kotzen e English (1999), essas barreiras metálicas têm sido muito utilizadas atualmente em toda a Europa, exceto na Alemanha, onde a maior parte delas já possuem mais de 15 anos.

Como outro exemplo desse material, tem-se a primeira barreira acústica urbana construída em Portugal feita de painéis metálicos perfurados, encaixados em pilares também metálicos, conforme se verifica na figura 80. Segundo Ana Filipa Barreto (2004), especialistas detectaram muitos problemas que prejudicam o desempenho acústico desta barreira, destacando-se entre eles os fatos de que as soldagens não foram rigorosas e a manutenção das borrachas de vedações entre os elementos, fundamental para o isolamento sonoro, estão sem manutenção. Outro problema citado pela autora é a falta de drenagem subterrânea, com frestas na superfície para o escoamento de água, o que possibilita a passagem sonora.

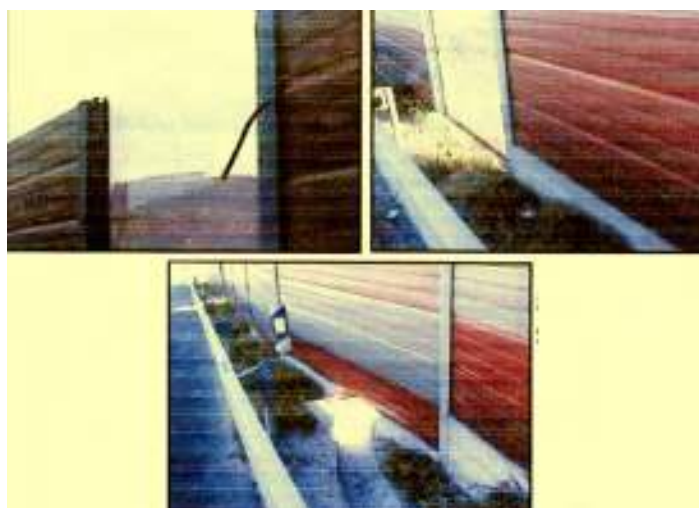


Figura 80 Barreira instalada na Cintura Regional Externa de Lisboa (CREL)

Fonte: Barreto (2004).

É comum que barreiras metálicas sejam combinadas com painéis transparentes, que funcionam apenas como refletores. Este processo torna-se freqüente quando há necessidade de abrir janelas na barreira, a fim de permitir mais visibilidade entre os lados, conforme se observa na figura 81, ou em pontos estratégicos para melhorar o isolamento sonoro, como demonstra a figura 82, que, além de refletir os raios sonoros incidentes para cima saindo da área ruidosa, evidencia a estrutura sinuosa da barreira.



Figura 81 Barreira metálica combinada com painéis transparentes.

Fonte: Kotzen e English (1999).



Figura 82 Barreira metálica com painéis transparentes na parte inferior.

Fonte: Kotzen e English (1999).

Barreiras transparentes podem ser constituídas de vidro, acrílico ou policarbonato. Observando uma barreira a distância é difícil, inclusive, conseguir diferenciar estes três materiais. Para vidros, a espessura usual é de 8 a 19 mm e para acrílicos e policarbonatos, de 15 a 20 mm (KOTZEN; ENGLISH, 1999).

Estes materiais podem ser curvos e/ou coloridos, o que pode valorizar formas e provocar contrastes interessantes com jogos de cores, conforme mostram as figuras 83 e 84.



Figura 83 Barreira em vidro curvo.

Fonte: Kotzen e English (1999).



a)



b)

Figura 84 Barreira em acrílico colorido.

Fonte: Kotzen e English (1999).

Pela transparência e leveza, esses materiais são os que menos causam impacto à paisagem, inclusive nos viadutos, vide figura 85. Outro fator que beneficia o uso desses materiais é a possível comunicação visual entre os dois lados da barreira, evitando o bloqueio visual, o que muitas vezes resolve o problema da sensação de clausura de algumas barreiras, e principalmente o fato de permitir que a iluminação passe para ambos os lados.



Figura 85 Barreira em vidro sobre viaduto de concreto.

Fonte: Kotzen e English (1999).

Os fatores que podem determinar a escolha entre vidro e acrílico são: resistência e transparência. No que se refere à resistência, o vidro é mais fácil de ser quebrado, já o acrílico pode facilmente ser arranhado. No que se refere à transparência, quando há necessidade de que a visão seja parcial, é indicado usar o vidro, pela possibilidade de jateamento e outras técnicas que minimizam a visibilidade na barreira.

O acrílico é um material termoplástico, rígido, transparente e incolor, mas que pode ser matizado com uma ampla gama de cores. É o produto ideal quando se pretende assegurar transparência ou leveza, isolando consideravelmente o ruído. Inerte a numerosos agentes químicos agressivos, o acrílico quando estabilizado com proteção UV mantém as suas propriedades inalteradas durante anos.

Outro material acústico absorvente é a madeira, podendo ser utilizada tanto em placas autoportantes, quanto aplicada diretamente sobre um muro. São muito usadas na Suíça desde 1977, nas primeiras barreiras instaladas, que ainda hoje conservam suas características originais, como se verifica na figura 45 e 55 (BARRETO, A.F., 2004).

Barreiras de madeira têm sido as mais empregadas ao longo das rodovias no Reino Unido, segundo citam Kotzen e English (1999). Elas adaptam-se perfeitamente em áreas rurais e em muitos casos oferecem à paisagem de áreas urbanas um aspecto mais informal, lembrando cercas de jardins residenciais e, muitas vezes, até pertencendo a eles, como se nota na figura 86.



Figura 86 Barreira em madeira como limite de jardim residencial.

Fonte: Kotzen e English (1999).

Entretanto, para Kotzen e English (1999), deve-se evitar as barreiras de madeira sobre viadutos, por elas não acompanharem a linguagem visual dessas estruturas, normalmente de concreto ou aço, e quando há necessidade de que a barreira seja inclinada, por exigências acústicas, pois a madeira tem seu uso mais apropriado no sentido vertical.

Outra característica que se observa nesse tipo de material é que, embora barreiras de madeira sejam as mais usadas em muitas partes da Europa, raramente elas ultrapassam a altura de 5m, sendo comuns no Reino Unido com 2 ou 3m de altura.

As barreiras de concreto, assim como as metálicas, podem ser tanto refletoras quanto absorventes, dependendo dos materiais aplicados na face da barreira. Se o revestimento da face voltada para a fonte sonora for perfurado, a barreira funciona como absorvente, vide figura 77 e 87, entretanto, neste caso é fundamental que atrás dessa face exista uma outra compacta e densa para que os raios sonoros não sejam transmitidos para o outro lado da barreira, que deve ser protegido. Se a face voltada para a fonte sonora for plana e compacta, a barreira funciona como reflexiva, por não refletir os raios sonoros incidentes, como na figura 88.



Figura 87 Barreira em concreto com face rugosa.

Fonte: Kotzen e English (1999).



Figura 88 Barreira em concreto com face plana.

Fonte: Kotzen e English (1999).

A composição desse tipo de barreira com vegetação é freqüentemente usada, pois diminui subjetivamente o efeito visual pesado do concreto.

Além de pré-moldado, o concreto pode ser usado também em blocos para a construção de barreiras acústicas, como em Tel Aviv, Israel, onde a cor e a textura diferenciada dos blocos remetem a barreira às características locais, conforme mostra a figura 89. Do mesmo modo, os tijolos também podem ser usados na construção de barreiras, com possibilidade de desenhos nas cores e texturas. O uso de tijolos ou blocos de concreto perfurados na face voltada para a fonte sonora caracteriza a barreira como absorvente e o uso de tijolos ou blocos de concreto sólidos caracteriza a barreira como reflexiva.



Figura 89 Barreira em blocos de concreto coloridos.

Fonte: Kotzen e English (1999).

Há poucos exemplos de barreiras compostas basicamente por plástico (KOTZEN; ENGLISH, 1999). Mas com o atual incentivo ao uso de materiais possíveis de serem reciclados, como, por exemplo, o plástico, e o conseqüente custo mais baixo, é provável, ainda segundo os autores, que estes materiais sejam cada vez mais utilizados.

O plástico é um material muito versátil em cores e formas, o que permite maior ousadia nos efeitos visuais das barreiras, como mostra a figura 90, que trata de uma barreira em Paris, com 5m de altura, composta por tubos coloridos como suporte para painéis de acrílico.



Figura 90 Barreira em plástico colorido.

Fonte: Kotzen e English (1999).

3.5 Vegetação e barreiras

A vegetação, normalmente, não é muito eficiente como atenuadora sonora, por não ser boa absorvente acústica. Uma quantidade densa de árvores, com cerca de 30m de profundidade, pode atenuar apenas de 6 a 7dB, em uma frequência qualquer entre 125 e 8.000 Hz (EGAN, 1988). Portanto, seria necessário uma vasta e muito densa vegetação para suprir os mesmos resultados de uma barreira acústica, por exemplo. As copas das árvores são as principais responsáveis pelas poucas atenuações possíveis, pois os caules não conseguem interceptar significativamente os raios sonoros próximos ao solo, fator que compromete ainda mais a atenuação eficaz em árvores, ou seja, nos meses em que as folhas caem, a pouca atenuação possível nas copas é ainda mais minimizada.

Em muitos casos observa-se a tentativa de atenuação do ruído originado em rodovias com vegetação nas laterais das vias, contudo a CETESB realizou medições em algumas situações típicas, e as reduções obtidas atingiram valores desprezíveis para bambuzais de alta densidade (50 elementos arbóreos/m², com cerca de 3m de espessura e 12m de altura) e cerca de 3dB para cortinas de dracenas de 20 anos de idade (com cinco elementos arbóreos/linear, troncos de 15cm de diâmetro e 8m de altura).

A tabela 7 apresenta as atenuações possíveis em alguns tipos de vegetação. Nota-se que a atenuação máxima é de 0,4 dB/m e, mesmo assim, com um milharal denso e alto, produto que não é muito vinculado à paisagem urbana.

Vegetação	Amortecimento adicional em dB/m para		
	100 Hz	1000 Hz	5000 Hz
Erva fina de 10 a 20cm de altura	0,005	0,03	
Erva grossa de 40 a 50cm de altura	0,005	0,12	0,15
Milharal espesso de 1,8m de altura	0,030	0,36	0,40
Bosque	0,02	0,06	0,15

Tabela 7 Índices de atenuação vegetativa.

Fonte: Neuffer (2002).

Para que sejam criadas barreiras acústicas naturais, uma possibilidade é a execução de uma elevação de terra compactada no lugar da parede. Mas, para que seja tão eficiente quanto uma barreira artificial, é necessário uma área livre bem maior, para que a base dessa elevação seja consideravelmente mais espessa do que seria uma parede de concreto, por exemplo, e que sua superfície seja completamente coberta por grama ou qualquer outra vegetação, igualmente absorvente. A situação torna-se mais confortável ainda quando árvores são plantadas no topo, ajudando a conter possíveis difrações, vide figura 91.

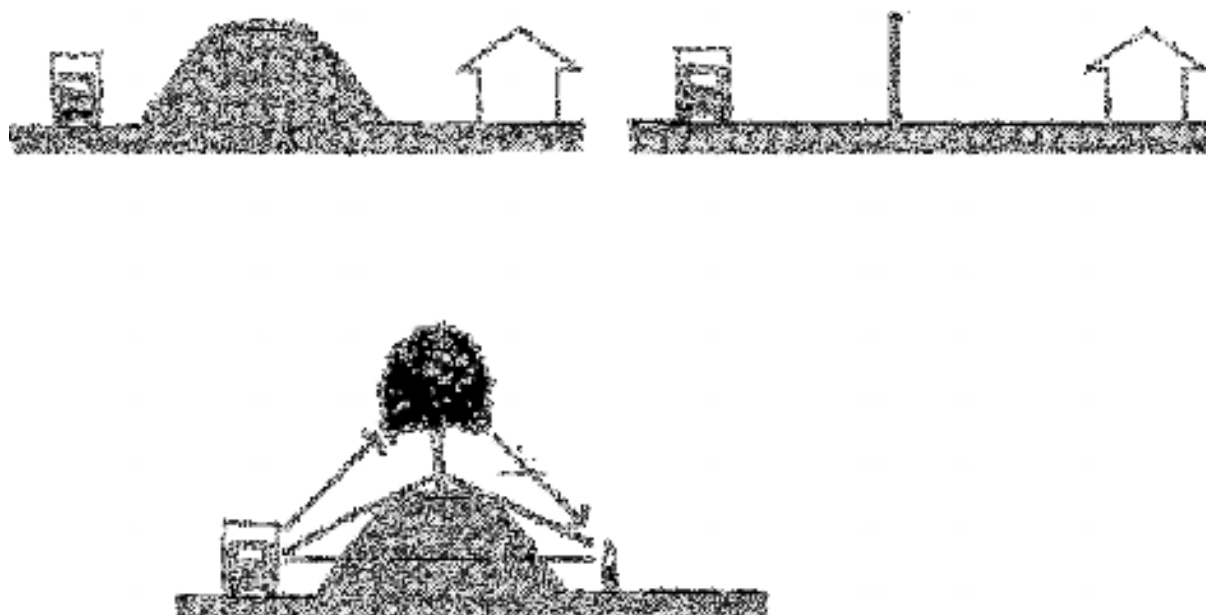


Figura 91 Elevação de terra como barreira acústica.

Fonte: Egan (1988).

Outro método possível para obter uma barreira natural, ao menos visualmente, seria uma composição mista, ou seja, como estrutura da barreira uma parede convencional, conforme critérios já levantados nesta pesquisa, e vegetação cobrindo todas as suas faces, conforme mostra a figura 92. Esta combinação pode ter resultados muito satisfatórios, tanto no desempenho acústico, pois a parede continua sendo o elemento atenuador da barreira, quanto no design, por conceder uma aparência mais natural, ocultando possíveis barreiras com sistemas estruturais simples ou com pouca função visual.

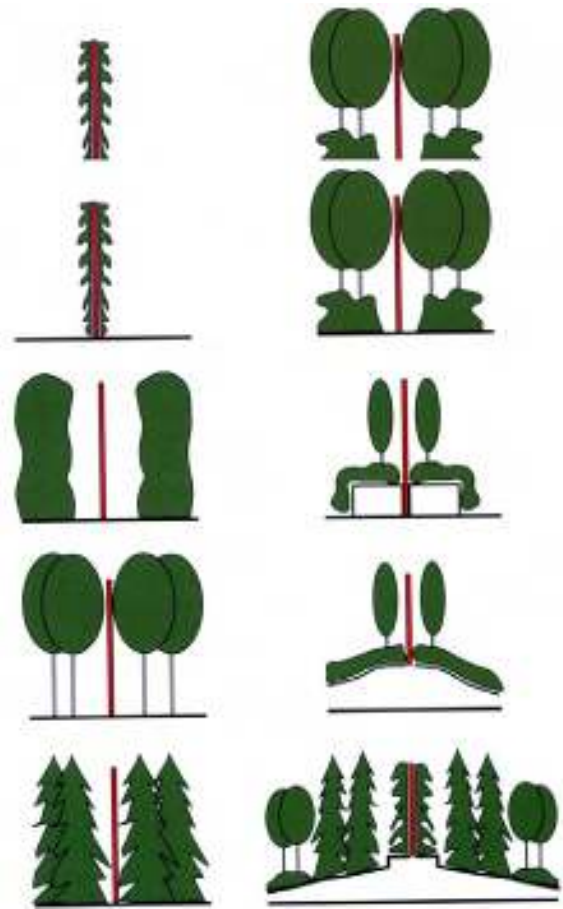


Figura 92 Composições possíveis de vegetação com muro de contenção acústica.
Fonte: Adaptado de Kotzen e English (1999).

Kotzen e English (1999) citam como barreiras biológicas⁴⁵, as paredes de contenção acústica que recebem vegetação como parte integral do seu design. Este tipo de barreira tem sido pesquisado em toda a Europa, principalmente na Holanda, sendo freqüentemente usado no lugar das elevações de terras descritas anteriormente. A vantagem dessa substituição é que passa a ser desnecessária uma grande área livre no terreno, pois poderá ser implantada apenas a parede de contenção, que manterá o mesmo efeito visual das elevações. A figura 93 compara o pequeno espaço necessário para uma barreira biológica, no lugar de uma elevação de terra, com o mesmo desempenho acústico. Observa-se que para 4m de altura, a barreira biológica dispõe de 2,5m de profundidade, já a montanha de terra necessita de 14m de profundidade. A desvantagem, que muitas vezes desestimula a sua implantação, é a necessidade maior de manutenção e de irrigação freqüente.

⁴⁵ Termo original: bio-barriers.

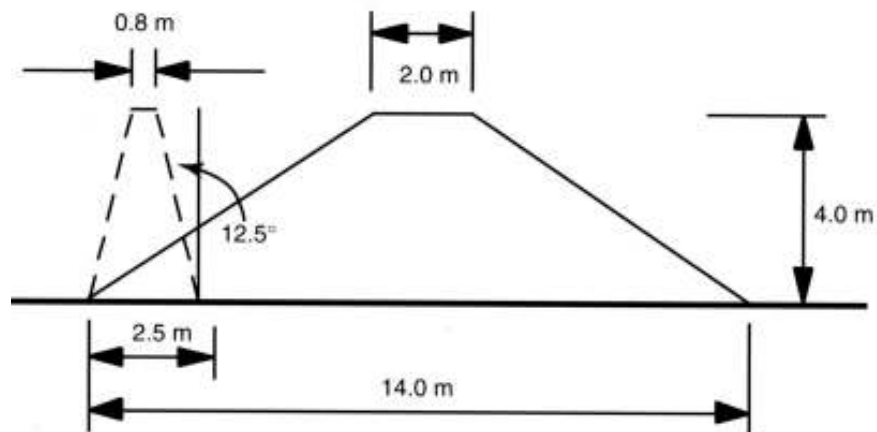


Figura 93 Barreiras biológicas x barreiras simples.

Fonte: Kotzen e English (1999).

Na Carolina do Sul, Estados Unidos, para proteger um conjunto residencial instalado próximo a uma rodovia de tráfego intenso, o consultor acústico americano David Egan, em parceria com o paisagista Robert Marvin, executou uma barreira acústica constituída por um muro de contenção parcialmente imerso numa elevação de terra, totalmente coberta por grama (bom absorvente acústico) e o restante coberto com uma vegetação densa⁴⁶. Antes da construção, o ruído excedia os 80dB ao lado da rodovia. (EGAN, 1988). Porém o autor não menciona nova medição do ruído após a instalação da barreira.



Figura 94 Barreira biológica.

Fonte: Egan (1988).

⁴⁶ Termo original: earth berm and a thin-wall barrier.

A vegetação pode conferir ao local uma “atenuação subjetiva”, ou seja, visualmente tende a passar a sensação de um local mais silencioso do que na ausência da vegetação. A figura 95 é uma foto registrada em um dos pontos mais ruidosos da cidade de São Paulo, próximo ao aeroporto de Congonhas, com ruído excessivo gerado tanto pelo tráfego de veículos da avenida Washington Luís (15m de distância), quanto pelo tráfego aéreo (aeroporto localizado a 50m de distância). Apenas observando a foto não se pode imaginar o ruído existente no local, mas na figura 96, registrada no mesmo ponto, já é possível ter uma idéia do ruído existente e constante gerado pelo tráfego aéreo próximos ao local.



Figura 95 Atenuação sonora subjetiva.

Fonte: Foto da autora (2006).



Figura 96 Atenuação subjetiva x ruído.

Fonte: Foto da autora (2006).