

Descobrir os segredos ocultos do betão: o que o GPR pode (e não pode) revelar

Obtenha os melhores resultados dos seus ensaios não destrutivos de estruturas de betão

O radar de penetração no solo (GPR) tornou-se rapidamente um método não destrutivo popular para investigações de betão devido à sua gama de utilizações industriais, desde a simples prevenção de colisões até à análise da capacidade estrutural. O GPR é a melhor ferramenta para o mapeamento de objectos em betão armado, produzindo imagens nítidas de objectos metálicos, como vergalhões ou cabos pós-tensionados. O GPR funciona tão bem no mapeamento de armaduras que, por vezes, são esquecidas as limitações do que pode ou não encontrar. Isto pode levar a informações incompletas sobre o que está no betão. É importante reconhecer a ciência por detrás de um dispositivo de digitalização GPR para compreender as suas capacidades e limitações, e o que pode fazer pelo operador.

Os dispositivos GPR são constituídos por uma ou mais antenas que contêm um transmissor e um recetor. O transmissor emite ondas electromagnéticas para o betão e quando as ondas encontram os limites do material, uma percentagem da energia das ondas é reflectida e recebida na antena. Os tempos de reflexão e a energia são registados e, quando os dados são recolhidos à distância, é feita uma imagem da secção transversal do betão (Figura 1). Os objectos são frequentemente apresentados como hipérbolas, porque à medida que o dispositivo se aproxima do objeto, o tempo de chegada da onda de retorno diminui. Quando o dispositivo está diretamente sobre o objeto, o tempo de chegada é o mais curto possível, o que cria o pico da hipérbole. À medida que o dispositivo se afasta, o tempo de chegada aumenta e forma-se a segunda metade da hipérbole. Se o objeto não for um ponto único, mas constante ao longo do comprimento de varrimento, como o lado oposto do betão (parede de fundo), não se forma uma hipérbole. Em vez disso, um tempo de chegada de reflexão constante aparece como uma faixa na secção transversal.

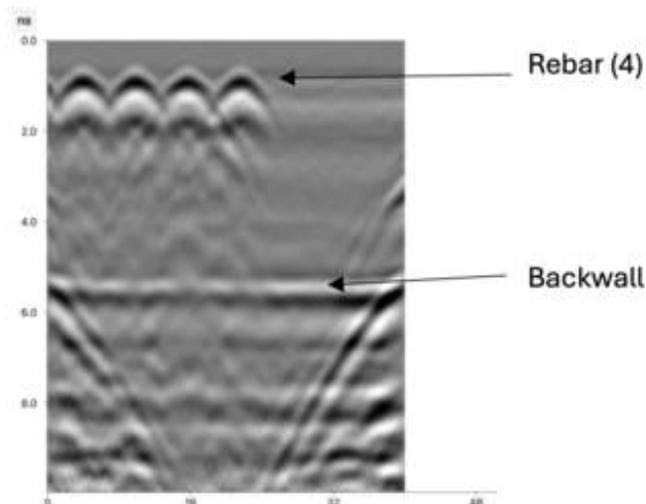


Figure 1: Typical GPR image, called radargram, with rebar and backwall

Embora as ondas se reflectam quando encontram uma fronteira material, o ponto crucial é que a reflexão das ondas depende de uma única propriedade material - a constante dielétrica. A constante dielétrica, ou permissividade relativa, é a capacidade de um material conduzir eletricidade. O betão tem normalmente um intervalo de valores de 7 a 12, dependendo da conceção da mistura e do teor de água. Se a onda de radar se cruzar com um material que tenha uma constante dielétrica significativamente diferente à medida que atravessa o betão, uma parte da energia da onda será reflectida com base na extensão da diferença. Os metais são uma conduta eléctrica fantástica e têm uma constante dielétrica infinita. Esta diferença infinita entre o betão e os metais é a razão do forte sinal de retorno e da clara hipérbole dos reforços de aço, como os vergalhões.

Outros materiais comuns encontrados no betão são o ar e o plástico. O ar pode ser o lado oposto de uma laje elevada ou um defeito interno substancial, como uma falta de consolidação, alveolamento ou fissura de delaminação. O ar tem uma constante dielétrica de 1, pelo que a reflexão é mais fraca do que a dos metais, mas é frequentemente visível no exame. No entanto, estas reflexões raramente são hipérbolas limpas. O lado oposto do betão aparecerá como uma faixa, como discutido anteriormente. Um vazio raramente tem uma forma agradável e é mais provável que a hipérbole apareça distorcida (Figura 2). O plástico é normalmente utilizado para condutas eléctricas e tem uma constante dielétrica de cerca de 4. A diferença entre o betão e o plástico é muito menor do que a de outros materiais e é mais difícil de detetar num exame GPR devido ao seu sinal fraco.

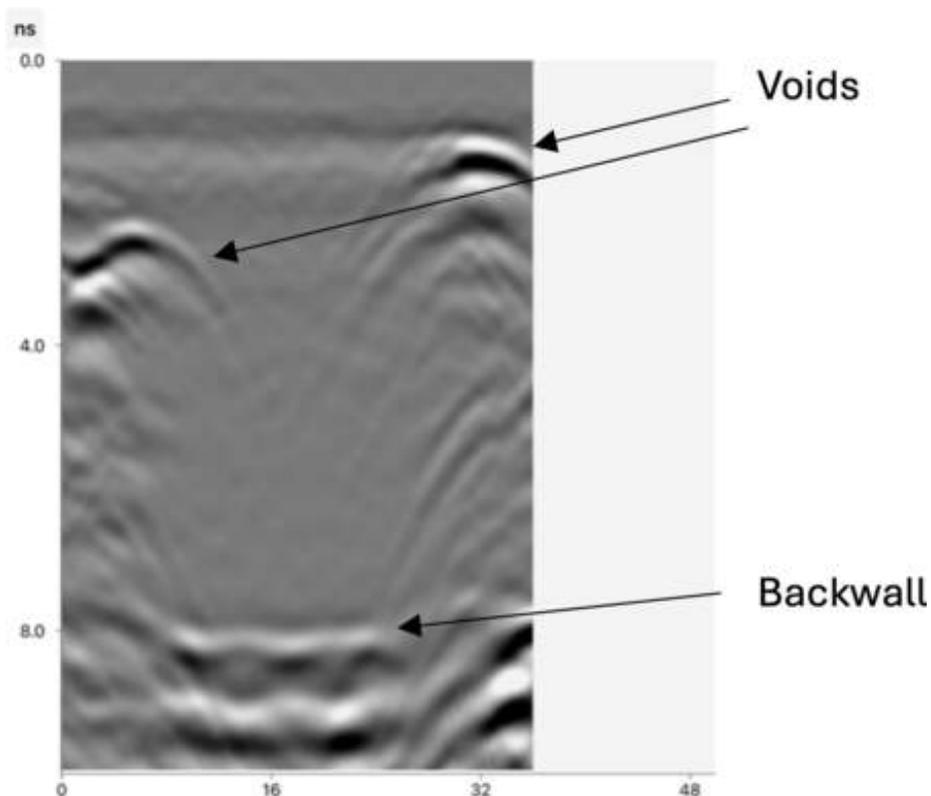


Figure 2: GPR scan showing air in concrete

Considere a equação abaixo para a velocidade de propagação de uma onda. O tempo de chegada é medido pelo dispositivo e a velocidade da luz é um valor conhecido. Se a constante dielétrica for estimada, quer utilizando a correspondência de hipérbolas quer calibrando a partir de uma profundidade conhecida, a profundidade de qualquer objeto pode ser calculada. Uma vez que a constante dielétrica do betão tem uma grande amplitude, é importante calibrar para diferentes misturas de betão.

Equação 1:

$$v = \frac{d}{t} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}}$$

Onde;

v é a velocidade da onda

d é a distância ao objeto

t é o tempo de chegada

c é a velocidade da luz

ϵ é a constante dielétrica.

O teor de água do betão também pode afetar a constante dielétrica e deve ser calibrado. A água tem uma constante dielétrica de 81, que é muito superior à do betão. Quando o betão está saturado, a constante dielétrica do sistema aumenta e a água dispersa a energia das ondas. Isto cria imagens desfocadas que são difíceis ou impossíveis de interpretar. O GPR não deve ser utilizado em betão fresco, uma vez que a tecnologia é significativamente limitada até que o betão esteja totalmente curado e o teor de água diminua.

A profundidade de visualização do GPR depende de vários factores, incluindo os relacionados com a estrutura, o betão, o ambiente e [Dispositivo GPR](#). Os objectos metálicos reflectem 100% da energia das ondas, o que significa que o objeto metálico aparecerá claramente, mas nada abaixo do metal será visto. Isto pode ser um problema para a visualização de vergalhões empilhados ou de objectos que correm por baixo da grelha de vergalhões (Figura 3). Este é um problema grave no betão reforçado com fibras de aço, porque as fibras não permitem a passagem das ondas, pelo que não haverá penetração visual em profundidade. O espaçamento apertado dos vergalhões também pode ser um problema em que a onda não tem espaço para passar efetivamente através de uma grelha (Figura 3). Mais uma vez, isto pode disfarçar quaisquer objectos subjacentes, incluindo a parede de fundo, dificultando as medições de espessura. Alguns dispositivos GPR podem efetuar polarização cruzada, que roda a orientação da antena de modo a que mais energia de onda possa passar ao lado de um objeto. Isto resulta numa hipérbole com caudas mais curtas para objectos metálicos, mas pode permitir uma parede traseira mais limpa.

Outros factores que determinam a potencial profundidade de penetração são a saturação e a qualidade do betão. Quando as ondas GPR interagem com a água, perde-se energia e a penetração em profundidade é reduzida (Figura 3). Com o betão de baixa qualidade, existem mais vazios e fissuras, cada um com um limite adicional para atravessar e a correspondente perda de energia devido à reflexão. Quanto pior for a qualidade do betão, menor será a penetração em profundidade.

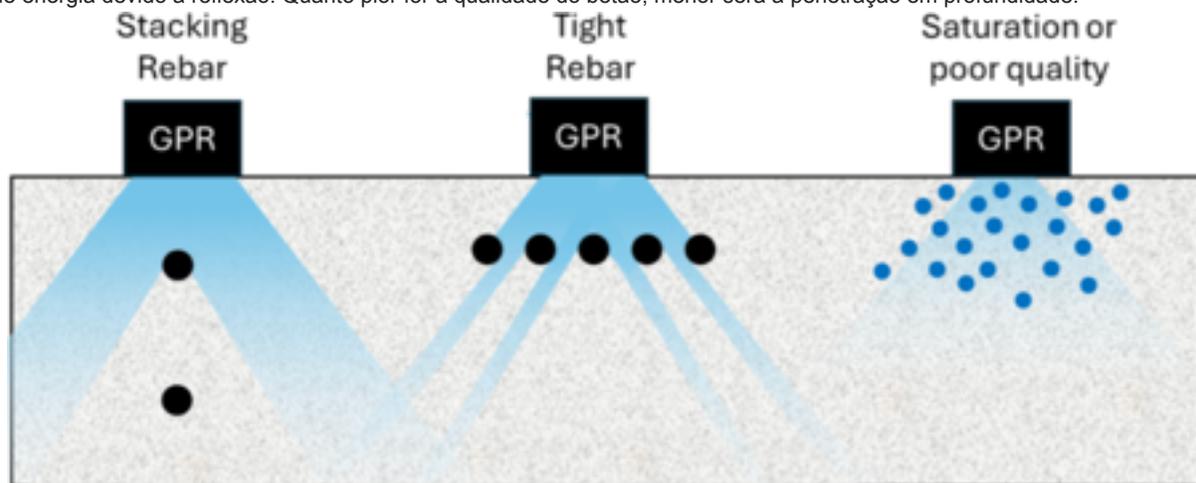


Figure 3: Factors limiting GPR imaging

Existe algum controlo disponível para a penetração em profundidade. Quando o transmissor emite ondas electromagnéticas, é a uma frequência específica, determinando o número de ondas que ocorrem num determinado período. Isto define a resolução da imagem. Quanto maior for a frequência, melhor será a resolução, mas menor será a penetração em profundidade. As frequências mais baixas não têm uma resolução nítida, mas podem captar imagens de objectos mais profundos. Alguns dispositivos permitem ao utilizador escolher a profundidade de penetração pretendida através de várias opções de antena, cada uma com uma frequência pulsada específica. Um método mais recente, denominado onda contínua de frequência escalonada, fornece uma gama ultra-larga de frequências, de modo a obter tanto a resolução como a penetração em profundidade.

O GPR é um excelente método para o mapeamento de objectos na indústria do betão. No entanto, é importante compreender as limitações do dispositivo, bem como a qualidade e o estado do betão, para aumentar a confiança num exame. Calibrar a constante dieléctrica sempre que há uma alteração no betão é fundamental para estimativas de profundidade precisas. Considere a qualidade e o ambiente do betão para garantir que o betão está suficientemente seco para um rastreio adequado e para obter a penetração de profundidade desejada. Além disso, a frequência da antena escolhida, seja ela pulsada ou por passos, é importante quando se dá prioridade à resolução ou à penetração em profundidade.

Katelyn Gennuso, Ph.D. é consultora de soluções da Proceq - A Screening Eagle Company, membro da CSDA. Ela tem um Ph.D. em engenharia civil pela Universidade de Pittsburgh, com foco em pavimentos de concreto. Katelyn é uma engenheira civil com experiência nos aspectos técnicos dos ensaios não destrutivos, frequentemente na análise de estruturas de betão. Pode ser contactada através do endereço Katelyn.Gennuso@screeningeagle.com.



[Terms Of Use](#)
[Website Data Privacy Policy](#)

Copyright © 2024 Screening Eagle Technologies. All rights reserved. The trademarks and logos displayed herein are registered and unregistered trademarks of Screening Eagle Technologies S.A. and/or its affiliates, in Switzerland and certain other countries.