

A Engenharia de Fortificação e Construção no Contexto das Guerras do Século XXI

Coronel R/1 Alvaro Vieira, Exército Brasileiro

“The lethality of modern world weapon system makes the future battlefield an increasingly hostile environment. For this reason, the engineers should place a high priority on protecting the force.”

—Gen Frederic A. Drummond (2002)

A ENGENHARIA DE FORTIFICAÇÃO e Construção sempre foi um dos mais importantes integrantes dos elementos de defesa na história das guerras. Gigantescas estruturas foram construídas no passado tanto para deterem o movimento do inimigo como para protegerem o território dos ataques adversários. A muralha da China, os imponentes fortes litorâneos e os incontáveis castelos da antiga Europa são monumentos evidentes daquela doutrina. Na medida em que se aumentou a mobilidade das forças terrestres, essas enormes construções estáticas tornaram-se verdadeiros dinossauros fáceis de serem abatidos ou desbordados pelos exércitos modernos. A malsucedida Linha Maginot é um exemplo notório dessa estratégia arcaica; construída para proteger a fronteira leste da França, antes da Segunda Grande Guerra, essa construção defensiva foi facilmente flanqueada pelas tropas alemãs.

Nos dias atuais, a arte das fortificações tem sido praticamente desconsiderada nos estudos táticos, por admitir-se que a atual mobilidade e poder de fogo dos exércitos modernos são capazes

de tornarem antiquadas estruturas estáticas de defesa. Esse pensamento é reforçado pela falsa premissa de que a tecnologia reduz a necessidade da presença física do homem em combate e, por conseguinte, da sua proteção. A realidade, no entanto, tem demonstrado o contrário. O poder de fogo das armas tem realmente aumentado, tanto em capacidade de destruição quanto em eficiência. É exatamente por isso que, embora o conceito de obstáculos estáticos tenha mudado muito nos últimos tempos, a necessidade de se erigir construções para proteção de pessoal e material passou a ser maior atualmente do que era no passado.

A maior mobilidade dos exércitos modernos permite às tropas atuar e cobrir simultaneamente áreas muito maiores de terreno. Com isso, faz-se indispensável a proteção das frações dispersas, sabendo-se hoje que os materiais e a tecnologia utilizada com esse fim não se desenvolveram tanto quanto as demais tecnologias de emprego militar. A necessidade de pesquisas nessa área tornou-se preocupante à doutrina dos exércitos modernos, pela necessidade de se colocar à disposição dos comandantes os meios indispensáveis à proteção de seu pessoal, material e suprimento. No passado, as trabalhosas e largamente empregadas construções com sacos de areia constituíam o principal expediente utilizado em campanha; hoje se sabe que novos materiais e métodos construtivos

O Coronel Alvaro Vieira é oficial da reserva do Quadro de Engenheiros Militares e professor do Instituto Militar de Engenharia (IME) desde 1982. Oriundo da Arma de Engenharia (Turma AMAN/1971) é graduado em Engenharia de Fortificação e Construção pelo IME e mestre em Engenharia Civil pela PUC/RJ. Durante a sua carreira, serviu no 1ºBECmb, 7ºBECnst, 4ºBECmb, 4ºBECnst e 2ºGECnst.

Fez estágio de um ano no Laboratório de Geotecnia do Waterways Experiment Station (Vicksburg, MS), do Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA. É coautor do livro Estradas – Projeto Geométrico e de Terraplenagem e publicou quase uma centena de artigos técnicos sobre pavimentação rodoviária e trafegabilidade de veículos militares em congressos e revistas nacionais e estrangeiras.



A montagem das células da *concertainer* é feita facilmente por três militares.

podem proporcionar uma proteção muito mais eficiente e com muito menos trabalho.

O Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos é o responsável pela pesquisa e desenvolvimento de tecnologia de interesse da Engenharia de Combate do Exército norte-americano e há mais de 50 anos estuda os efeitos das armas convencionais e nucleares nas edificações; no Manual Técnico de Engenharia FM 5-103 *Sobrevivência (Survivability)* encontram-se disponíveis parâmetros técnicos para projeto e execução de instalações de proteção, baseados em resultados experimentais em escala real.

Mais recentemente, as pesquisas têm se direcionado para três novas áreas: o desenvolvimento de materiais de construção leves e de uso simples; programas de computador para auxílio às decisões da Engenharia de Combate; e adaptação e proteção de edificações existentes contra atos de terrorismo.

Dentre as novas tecnologias desenvolvidas pela Engenharia de Fortificação e Construção merecem destaque as seguintes:

- Geocélula sintética para confinamento de solo
- Barreira portátil do tipo *concertainer*
- Abrigos provisórios de uso múltiplo
- Adaptação de edificações civis para uso militar
- Recuperação de construções danificadas
- Proteção de instalações contra atos terroristas
- Melhorador de trafegabilidade de terrenos de baixa resistência

Geocélula Sintética para Confinamento de Solo

A geocélula sintética para confinamento de solo foi o primeiro de uma série de materiais desenvolvidos especificamente para as Unidades de Engenharia de Combate para construção de estradas em terrenos arenosos, travessia de talvegues rasos e solos moles. Posteriormente, as geocélulas foram adaptadas para construção de barreiras para proteção de pessoal e material. As células são fabricadas por tiras texturizadas de polietileno de alta densidade, fortemente soldadas entre si, e, quando expandidas, se assemelham a enormes colmeias plásticas. As seções de geocélulas são fornecidas em feixes leves e compactos para facilitar o transporte. Durante a instalação, as seções permanecem flexíveis e fáceis de serem manuseadas.

Esse dispositivo tem se mostrado, também, um método expedito eficiente e de baixo custo para construção de barreiras de proteção contra os efeitos de ondas de choque e de estilhaços de munições convencionais. Quando preenchidas com solo, as geocélulas proporcionam proteção contra tiro direto de armas com calibre até .50 e contra estilhaços de artilharia e morteiros detonados a distâncias de até 1,5 m. Quando preenchidas com pedra britada, resultados experimentais têm mostrado capacidade de absorver o impacto de munições antitanque e de granadas autopropulsadas, garantindo proteção a veículos blindados leves e a edificações.

Outra característica favorável da geocélula é que a vida útil das construções onde elas são utilizadas ultrapassa em muito a das executadas com sacos de areia. Módulos experimentais mostraram



Após a montagem, as células são interligadas, formando barreiras de proteção.

apenas pequenas acomodações do material de enchimento após dois anos de construídos, sem nenhum comprometimento da sua eficácia. Quando não são mais necessárias, as seções de geocélula podem ser esvaziadas, recolhidas, fechadas e transportadas para reemprego em outro local.

Barreira Portátil do Tipo “*Concertainer*”

Concebida pelo Exército inglês, a *concertainer* consiste em um sistema de componentes portáteis semelhantes a grandes caixas de tela metálica revestidas internamente com manta sintética drenante, destinadas à construção expedita de barreiras de proteção, montáveis e reaproveitáveis.

O nome *concertainer* vem do acrônimo das palavras concertina e container, consistindo em um material de construção que, quando expandido, forma uma caixa, sendo preenchida com solo natural do próprio local e unida umas às outras, proporcionando proteção contra uma grande variedade de efeitos balísticos.

Depois da expansão, cada seção da *concertainer* tem aproximadamente 1,6 m de altura, 1,2 m de largura e 10 m de comprimento. As seções podem ser sobrepostas para duplicar a sua altura e unidas longitudinalmente para formar paredes de vários comprimentos.

Quando vazia, cada seção pesa aproximadamente 150 kg, permitindo que sua montagem e preparação para preenchimento sejam feitas por apenas

dois militares. O efeito protetor proporcionado pelo sistema *concertainer* é muito mais eficiente, simples e rápido do que todos os demais tipos executados convencionalmente com sacos de areia, sendo recomendados para áreas de depósitos de



Emprego da *concertainer* na proteção do acampamento das tropas alemãs no Afeganistão.

combustíveis, helipontos, postos de comando, posições de artilharia e de morteiro, e barreiras contra vários tipos de viatura. Diversas experiências recentes de emprego desse tipo de barreira foram feitas nos conflitos da Bósnia e de Kosovo, onde demonstrou um desempenho excepcional a custos bastante reduzidos em comparação com outras soluções expeditas.

Além das aplicações militares, a *concertainer* tem sido testada com sucesso em muitos tipos de obras emergenciais, como no controle de cheias de rios, estabilização de margens de canais e na construção de reservatórios de água.

Instalações Militares Temporárias

O deslocamento de grandes efetivos militares a grandes distâncias, para operações de longa duração, exige a construção de instalações temporárias cuja montagem seja rápida e que ofereçam condições mínimas de conforto e segurança. Para isso, a Engenharia de Construção deve dispor da tecnologia necessária à construção de instalações militares modulares, simples e de rápida montagem. Para isso, são normalmente utilizadas construções pré-moldadas de madeira ou galpões desmontáveis com estrutura de aço, com capacidade de acomodar até duzentos soldados, dotados



O enchimento mecanizado das células reduz o tempo de montagem das barreiras.

de paredes e coberturas de lona com isolamento térmico, piso pré-fabricado, com iluminação e ventilação.

Abrigos Provisórios Semienterrados

Ainda que se considere o significativo aumento da mobilidade dos exércitos modernos, a necessidade de dispor e de utilizar abrigos provisórios em campanha continua indispensável. Em muitos Teatros de Operações a proteção das forças terrestres pode ser extremamente dificultada pelas condições do clima, terreno e carência de material de construção, tornando a construção de abrigos uma missão demorada, difícil e, muitas vezes, com resultados inadequados. Em substituição à técnica convencional de se construir camadas múltiplas de sacos de areia, a construção de pequenos abrigos desmontáveis, semienterrados e reaproveitáveis, tem se mostrado uma alternativa muito mais favorável, dispensando o uso de outros materiais de construção, economizando tempo e recursos e proporcionando uma proteção muito mais eficiente.

Os abrigos são executados com peças metálicas montáveis de alumínio corrugado, semelhantes ao material utilizado pela arma de Engenharia na construção de bueiros provisórios. Uma vez unidas entre si e cobertas com uma camada de solo, esses abrigos diminuem os efeitos da temperatura e aumentam o grau de proteção tanto contra impactos diretos quanto indiretos de vasta gama de munições.

Cada conjunto de placas metálicas pesa aproximadamente 270 kg e permite a construção de um abrigo com 4 m de comprimento, 3 m de largura e 2 m de altura. Quando não for mais necessário, o abrigo pode ser desmontado e transportado para reuso em novo local.

Esse tipo de abrigo tem sido testado pelas tropas de Engenharia de Combate do Exército norte-americano, apresentando resultados plenamente favoráveis. Considerando as peculiaridades das condições geográficas brasileiras, essa técnica parece reunir todas as características técnicas necessárias para emprego em todo território nacional, principalmente na região

amazônica, onde as metodologias convencionais de construção de abrigos temporários para as tropas de selva têm se mostrado inadequadas.

Ocupação e Proteção de Edificações Civis

As operações militares em regiões urbanas pressupõem a ocupação temporária de edificações civis para abrigo e proteção de homens e meios. Todos os recentes conflitos no Oriente Médio, por exemplo, exigiram a utilização e adaptação de inúmeras instalações civis.

A Engenharia de Fortificação e Construção dispõe de vários métodos e técnicas para aumentar o grau de proteção de edificações convencionais e adaptá-las para fins militares. Entretanto, como e quando usar cada método é muitas vezes difícil de ser identificado.

...a construção de pequenos abrigos desmontáveis, semienterrados e reaproveitáveis, tem se mostrado uma alternativa muito mais favorável...

Para tentar resolver esse problema, vários exércitos vêm realizando pesquisas no sentido de desenvolver uma ferramenta de auxílio às decisões da Engenharia no combate, com vistas a permitir um planejamento otimizado das atividades e do emprego mais adequado dos seus meios. Uma dessas ferramentas está sendo testada pelo Exército norte-americano, consistindo em um *software* destinado a auxiliar o engenheiro na previsão e priorização nos serviços a serem realizados em função do nível de proteção desejado. O objetivo esperado é que a ferramenta de auxílio determine o tipo de proteção, os materiais e mão de obra a serem utilizados, o nível de proteção resultante e o tempo necessário à execução dos serviços. Complementarmente, o *software* deverá fornecer os desenhos e plantas necessários à obra, bem como a lista de materiais e o custo discriminado.

No caso de abrigos enterrados, o *software* ajuda os engenheiros no cálculo das estruturas de suporte do teto e determina a espessura necessária de

solo em função do grau de proteção desejado. O programa também planeja a construção de obstáculos em campanha, indicando a melhor solução estrutural para construção dos abrigos e indica os melhoramentos necessários às edificações existentes para melhoria do seu nível de proteção.

Recuperação de Edificações Danificadas

O aumento da mobilidade e da velocidade de manobra das forças terrestres muitas vezes não permite que se tenha tempo para a construção de instalações de campanha. Por isso, cada vez mais frequentemente são ocupadas construções já existentes como abrigo provisório. Muitas dessas instalações são construções danificadas em combate, onde, quase sempre, é difícil determinar o grau de segurança e proteção que essas construções podem proporcionar.

Para ajudar a resolver esse tipo de problema, o Exército norte-americano está desenvolvendo o Manual de Avaliação de Edificações (*Building Assessment Handbook*), um guia amigável para auxiliar na verificação rápida do grau de segurança de uma edificação. Por meio dele, os engenheiros de combate podem identificar e analisar os componentes estruturais da construção, classificando o grau de proteção oferecida como “aparentemente segura”, “ocupação limitada” ou “insegura”. Esse guia permite ao pessoal de Engenharia de Construção concentrar-se nos reparos e construções necessários, enquanto a tropa se prepara para a operação seguinte em acomodações seguras. Desenvolvido em ambiente Windows, esse manual foi concebido para servir de ferramenta rápida de avaliação de construções danificadas, permitindo à Engenharia identificar as ações mínimas necessárias para seu reparo e ocupação.

Proteção de Instalações Contra Atos Terroristas

Embora as forças terrestres sejam essencialmente móveis, muitas instalações de apoio permanecem estáticas e, portanto, vulneráveis a atos de terrorismo e a ameaças de armas de longo alcance, como vem ocorrendo nos últimos conflitos. Essas construções necessitam garantir a proteção necessária ao pessoal civil e militar que nela trabalham, de forma a não prejudicar as atividades de apoio por eles

desenvolvidas. Assim, é necessário aos exércitos modernos disporem de ferramentas que auxiliem o planejamento e a execução das medidas protetoras preventivas.

A demanda por ações de engenharia antiterrorismo cresceu enormemente nos últimos tempos, à medida que as forças terrestres passaram a ser empregadas em uma série de operações envolvendo contato direto com o público civil e grupos paramilitares. O Exército norte-americano, por exemplo, desenvolveu e está testando uma ferramenta de auxílio ao planejamento dessas medidas protetoras por meio de um *software* chamado AT PLANNER em ambiente Windows para uso em computador do tipo *notebook*. Nele é possível se obter dados de todas as pesquisas relacionadas com medidas protetoras de instalações fixas contra ataques terroristas, bem como sobre a construção de fortificações em campanha. Esse *software*, quando concluído, deverá proporcionar aos engenheiros de construção, capacidade para desenvolver estudos sobre as ações necessárias às medidas antiterrorismo em diferentes cenários, em função das características dos potenciais agressores, sua tática e suas armas. As hipóteses de ameaça consideradas e suas medidas preventivas seguem o previsto no manual americano de Engenharia FM



Exército dos EUA

A adaptação de instalações civis para ocupação temporária de tropas é atribuição das unidades de engenharia de construção.

5-114 *Engineer Operations: Short of War*. Os resultados fornecidos pelo programa preveem medidas acumulativas e progressivas de proteção, levando em conta desde o nível mínimo até o nível máximo de

ameaça prevista, apresentados de maneira prática e objetiva em um formato amigável. Ênfase especial é dada na avaliação das estruturas das edificações; seus componentes (vigas, pilares, lajes e telhado) são analisados por algoritmos especificamente desenvolvidos para avaliarem os efeitos de explosões de qualquer magnitude e a qualquer distância definida pelo usuário.

O sistema, quando concluído, facilitará a análise e definição do nível de proteção necessário em cada situação, bem como o tempo e os recursos necessários à sua implementação. As medidas incluem desde barreiras anticarro, proteções contra explosões e proteções contra o impacto de armas portáteis de longo alcance.

Melhorador de Trafegabilidade para Terrenos de Baixa Resistência

A transposição de terrenos de baixa resistência é sempre um grande obstáculo ao movimento das tropas motorizadas. Vários dispositivos melhoradores de trafegabilidade estão em fase de desenvolvimento, como a utilização de geogrelhas sintéticas, tapetes de chapas metálicas, mantas de geotêxteis não tecidos e outros. No entanto, um engenhoso sistema vem apresentando excelentes resultados experimentais pelas suas características de portabilidade, reutilização e flexibilidade. Ele consiste no lançamento de um tapete contínuo formado por placas articuladas de alumínio, que possibilitam a passagem da maioria das viaturas militares.

Idealizado por engenheiros militares alemães, esse dispositivo tem como principais qualidades a sua simplicidade, rapidez de lançamento e versatilidade, podendo ser utilizado em qualquer tipo de terreno, desde pântanos lamacentos até areias fofas de praia. Testes de campo têm demonstrado ser possível o lançamento de 50 metros de tapete em apenas 3 a 4 minutos, dispensando qualquer mão de obra auxiliar além do próprio motorista do caminhão. Após ser



Departamento de Defesa dos EUA

Construções danificadas podem passar por uma avaliação especializada para determinar a possibilidade de uso por tropas militares.

utilizado, esse dispositivo pode ser facilmente recolhido, mesmo após uso prolongado, e ser reaplicado em novo local sem necessidade de qualquer tipo de manutenção prévia.

Conclusão

Embora a concepção, a forma e as dimensões das fortificações militares tenham mudado consideravelmente ao longo da história, a necessidade de sistemas de proteção eficazes tem aumentado na razão direta da letalidade das ameaças. Aos engenheiros de Fortificação e Construção cabe o desafio de planejar, orientar e fiscalizar a execução das medidas protetoras necessárias, valendo-se sempre dos novos materiais e das novas tecnologias continuamente disponibilizadas.

Só a qualificação profissional de alto nível de seu quadro técnico, por meio de um programa de aperfeiçoamento profissional continuado, será capaz de propiciar o desenvolvimento de pesquisas na área da Engenharia de Construção que garanta o acesso a novas tecnologias e o uso de novas ferramentas de projeto, proporcionando soluções mais eficientes, econômicas e rápidas para proteção da tropa e seus meios. Torna-se, pois, necessário que se desenvolva e se treine o emprego dessas novas tecnologias de forma a evitar-se o uso dos famosos sacos de areia em futuras Linhas Maginot. **MR**

REFERÊNCIAS

ARNOLD, Stephanie. "Building the Kosovo of Tomorrow", *Engineer*; Vol. 29 Issue 4, Nov 1999.

DONAHUE, Scott F. et al. "With Honor and Success: Full Spectrum Joint Engineer Planning in Support of Operation New Dawn", *Engineer*;

Volume 42, May-Aug 2012.

HOWARD, Bruce K. "From Sandbags to Computers", *Engineer*; Vol. 27 Issue 2, Apr 1997.